



EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS  
DE TARAPACÁ S.A.

ESSAT S.A. FILIAL CORFO

ESTUDIO PRUEBA DE LARGA  
DURACIÓN VALLE DEL RÍO LLUTA  
ARICA, I REGIÓN

INFORME FINAL

JUNIO 1998

AYALA, CABRERA Y ASOCIADOS LTDA.  
INGENIEROS CONSULTORES

## INDICE

	Pág.
1. <b>Introducción y Objetivos</b> .....	1-1
2. <b>Descripción de la Prueba</b> .....	2-1
2.1 <b>Caracterización del área de estudio</b> .....	2-1
2.1.1 <b>Sondajes existentes</b> .....	2-1
2.1.2 <b>Red de Canales</b> .....	2-1
2.1.3 <b>Prácticas de Riego</b> .....	2-3
2.2 <b>Descripción de la Prueba</b> .....	2-7
2.3 <b>Esquema de eventos Principales</b> .....	2-13
3. <b>Mediciones Efectuadas</b> .....	3-1
3.1 <b>Medición de caudales en el río Lluta</b> .....	3-1
3.1.1 <b>Secciones de control</b> .....	3-1
3.1.2 <b>Preparación de las secciones de medición</b> .....	3-2
3.1.3 <b>Mediciones realizadas en el río Lluta</b> .....	3-2
3.1.4 <b>Estadística de caudales</b> .....	3-4
3.2 <b>Medición de Niveles de Aguas Subterráneas</b> .....	3-18
3.2.1 <b>Puntos de Medición</b> .....	3-18
3.2.2 <b>Mediciones realizadas en sondajes</b> .....	3-18
3.2.3 <b>Registro de Mediciones</b> .....	3-22
3.2.3.1 <b>Caudales de descarga</b> .....	3-22
3.2.3.2 <b>Niveles Medidos</b> .....	3-22
3.3 <b>Medición de Caudales en Canales</b> .....	3-22
3.3.1 <b>Puntos de Medición</b> .....	3-22
3.3.2 <b>Mediciones realizadas en canales</b> .....	3-30
3.3.3 <b>Registro de Mediciones</b> .....	3-32
3.4 <b>Mediciones en Drenes</b> .....	3-32
3.5 <b>Análisis Químico de las Aguas</b> .....	3-51
4. <b>Análisis de la Información Recopilada</b> .....	4-1
4.1 <b>Análisis de los niveles de Aguas Subterráneas</b> .....	4-1
4.1.1 <b>Comportamiento de los niveles durante la Prueba</b> .....	4-1
4.1.2 <b>Efecto de recarga directa del río a los pozos</b> .....	4-6
4.1.3 <b>Caudales sustentables del acuífero</b> .....	4-10
4.1.4 <b>Caudales propios de la napa</b> .....	4-12
4.2 <b>Análisis de la información fluviométrica</b> .....	4-13
4.2.1 <b>Características Hidrológicas del periodo de estudio</b> .....	4-13
4.2.2 <b>Variaciones diarias de caudales</b> .....	4-16
4.3 <b>Análisis Conjunto de la información fluviométrica y de canales</b> .....	4-17
4.3.1 <b>Periodos Considerados</b> .....	4-17

4.3.2	Comparación de los Periodos 1 y 2 .....	4-18
4.3.3	Comparación para los Periodos 3 y 4.....	4-31
4.3.4	Comparación entre las situaciones con y sin turno .....	4-33
4.4	Análisis de la información de los drenes .....	4-34
4.5	Análisis del Funcionamiento del Sistema de Turnos .....	4-34
4.6	Análisis Crítico de Estudios Anteriores .....	4-36
5.	<b>Conclusiones</b> .....	5-1

## I. Introducción y Objetivos

La ciudad de Arica ha presentado históricamente un déficit en el suministro de agua potable, cuyo origen radica en la escasez general de recursos en la zona, en la existencia de demandas para diversos fines, especialmente de riego y potable, y en la mala calidad para uso potable de otras fuentes adicionales a las explotadas actualmente.

Considerando que debido al volumen de las actuales extracciones no es posible considerar nuevos sondajes de aguas subterráneas en el valle del río San José o en Arica, ESSAT S.A. desarrolló un proyecto de nuevas fuentes a partir de la construcción de once sondajes para bombeo de aguas subterráneas en el valle del río Lluta, entre la carretera Panamericana y el kilómetro 26 del camino Arica – La Paz. El proyecto se completa con la construcción de una cañería colectora gravitacional que conduce las aguas hasta una planta de tratamiento, en que se disminuye su contenido de sales, dejándolas aptas para uso potable, además de varias obras anexas.

Como parte de dicho proyecto, ESSAT S.A. presentó tres solicitudes de derechos de aprovechamiento, que en su conjunto comprenden los sondajes indicados, por un total de 505 lt/seg, que actualmente se encuentran en trámite, y cuyo detalle se indica en el Cuadro 1-1.

Cuadro 1-1. Ubicación de sondajes de ESSAT y Caudal Solicitado

Expediente	Sondaje	Coord UTM		Caudal solicitado (lt/seg)
		Norte (m)	Este (m)	
ND-1-3-283	P 3	7.964.810	368.340	17
	P 5	7.964.260	369.970	20
ND-1-3-305	P 13	7.964.150	373.400	80
	P 16	7.964.250	374.860	35
	P 20	7.964.310	376.700	15
	P 23	7.964.420	378.100	35
	P 26	7.964.460	379.000	45
ND-1-3-306	P 1-A	7.963.980	373.440	122
	P 10	7.964.100	371.950	28
	P 18-A	7.964.190	374.090	80
	P A-5	7.963.610	383.490	28
			TOTAL	505

Fuente: Dirección General de Aguas

Dentro del procedimiento de tramitación de las solicitudes, y debido a las oposiciones presentadas a las mismas, la Dirección General de Aguas solicitó a ESSAT la realización de un estudio especial, destinado a determinar el efecto sobre los recursos superficiales que tendría la extracción de aguas subterráneas en las ubicaciones y cantidades indicadas. En términos sucintos, el estudio contempla la realización de una prueba de bombeo de larga duración en los sondeos de ESSAT, acompañada de la medición de los recursos superficiales en puntos relevantes, y la confección de un modelo de simulación hidrogeológica que permita determinar los efectos indicados.

Como antecedentes, un estudio realizado en 1995<sup>1</sup> señaló que la extracción de aguas subterráneas en el valle del Lluta, mediante 26 pozos profundos, produciría una disminución de los recursos superficiales disponibles para riego, por lo que en caso de utilizarse dichos recursos debería contemplarse un canal cuyas aguas compensarían la pérdida de aguas superficiales. Por su parte, un estudio específico realizado en la zona de 1996<sup>2</sup>, que contaba con información que no existía a la fecha de realización del estudio anterior, proveniente de algunos sondeos perforados por ESSAT, recomendó realizar una prueba de bombeo acompañada de aforos en el río, aunque se estimó que los efectos sobre el río Lluta serían escasos.

El presente informe, describe el área de estudio, las características de la prueba realizada, y las conclusiones obtenidas de la información recopilada, la que será complementada con los resultados que se obtengan posteriormente a partir de los resultados del modelo de simulación.

---

<sup>1</sup> Estudio Sobre el Desarrollo de los Recursos de Agua en el Norte de Chile, JICA, Dirección General de Aguas

<sup>2</sup> Estudio Hidrogeológico Valle del río Lluta. Arica, I Región, Ayala, Cabrera y Asociados Ltda., ESSAT S.A.

## 2. Descripción de la Prueba

### 2.1 Caracterización del área de estudio

#### 2.1.1 Sondajes existentes

El área de estudio corresponde al denominado valle del río Lluta, desde el lugar en que se encuentra la estación limnigráfica río Lluta en Chapisca hacia aguas abajo, hasta el puente Chacalluta, en la ruta 5 Norte o Panamericana Norte. Aunque los sondajes construidos por ESSAT en el valle se ubican en una extensión bastante menor, en un tramo de unos 15 km, entre el sector de Sascapa y unos 200 m aguas arriba del Puente Chacabuco, se extendió dicha área al tramo de valle indicado, de unos 45 km de longitud, con varios objetivos: Incorporar al área de estudio las estaciones de control fluviométrico de la Dirección General de Aguas, considerar un tramo en que los efectos del bombeo no se manifestaran en los extremos, y estudiar el efecto de las extracciones del bombeo sobre todo el sistema de riego del curso bajo del río Lluta, incluyendo desde el sector I hasta el sector V de riego.

Desde el punto de vista de la extracción de aguas subterráneas, en el área de estudio no existen actualmente pozos en explotación, aunque existen 7 sondajes en el sector próximo a la desembocadura, aguas abajo del puente Chacalluta. Por su parte, dentro del área de estudio, es decir aguas arriba de dicho puente, se ubican algunas norias, los sondajes de ESSAT S.A. que serán explotados y los pozos de estudio JA, JB, J1 y J2, de la Dirección General de Aguas. La ubicación de cada uno de los sondajes, a escala 1:50.000, se muestra en la Figura 2.1-1. Las características principales de cada uno de los sondajes se muestran en el Cuadro 3.2.1-1.

#### 2.1.2 Red de Canales

En cuanto a los canales de riego, en el valle del río Lluta existen 80 subsectores de riego, correspondiendo respectivamente a canales específicos, cada uno de los cuales capta sus aguas desde el río mediante su propia bocatoma. Sin embargo, en el tramo de interés, ubicado desde Chapisca hacia aguas abajo, existen nominalmente 50 puntos de extracción; de ellos, algunos corresponden a canales que han quedado fuera de servicio durante las últimas temporadas, efecto de las crecidas del río Lluta, y otros corresponden a canales de mínima relevancia, utilizados solo algunas pocas horas mensuales.

Durante la campaña de terreno previa al inicio de la Prueba, se realizó un recorrido por las captaciones, verificando cuáles de ellos se encontraban efectivamente en uso. De dicho catastro se concluyó que del total considerado solamente se encontraban en uso 33, de los cuales los canales Chatiapo, Quispe y A.

Bolaños se utilizaban sólo esporádicamente. El listado completo de dichos canales, ordenados desde aguas arriba hacia aguas abajo, con la indicación de la cantidad de acciones correspondiente a cada uno, según la información oficial de la Junta de Vigilancia del río Lluta, donde se indica los que fueron considerados en las mediciones de terreno, se muestra en el Cuadro 2.1.2-1.

### 2.1.3 Prácticas de Riego

Desde el punto de vista de las prácticas de riego en el área de estudio, hay varios aspectos que deben ser considerados, tales como los tipos de cultivo, la disponibilidad de las aguas para riego, la administración que realizan los regantes de los recursos disponibles y el estado de la red de canales.

En cuanto a los tipos de cultivo, el área de estudio se caracteriza por la presencia de un número reducido de variedades, lo que se origina en el alto contenido salino de las aguas; por otro lado, las superficies destinadas a cada tipo de cultivos se mantienen relativamente constantes de una temporada a otra, por lo que los principales cambios se originan en la disminución de las superficies cultivables debidas al efecto de los desbordes del río Lluta. Según la información proveniente del estudio de JICA, los principales cultivos son, en orden decreciente, el maíz, la alfalfa, y las hortalizas. En el Cuadro 2.1.3-1 se muestra la superficie destinada a cada uso, y el porcentaje que ellas representan respecto del total. La misma información desglosada por Sector de Riego y cultivo, se presenta en el Cuadro 2.1.3-2.

Cuadro 2.1.3-1. Superficies por tipo de Cultivo (há)

Cultivo	Área (há)	% del área cultivada
Maíz	1.698,4	61,0
Alfalfa	683,9	24,6
Hortalizas	401,9	14,4
Total	2.782,2	100,0

En cuanto a las eficiencias de riego, ellas son en general bajas, debido al uso de métodos de riego no tecnificados. De acuerdo a información contenida en el mismo estudio citado, dicha eficiencia es de un 40% para el maíz, un 45% para las hortalizas y un 60% para los pastizales.

De acuerdo a la información del mismo estudio, las demandas evapotranspirativas son las indicadas en el Cuadro 2.1.3-3, mientras que los períodos de cultivo por sectores se muestran en el Cuadro 2.1.3-4.

CUADRO 2.1.2-1. CAPTACIONES UBICADAS EN ZONA DE ESTUDIO

Canal	Acciones	Sector de Riego	Medido en Prueba
Tocontasi	18,49	Alto	No
Villa Villa Dos	3,97	Alto	No
Irenio Quispe	7,35	Alto	No
Molinos	193,05	I	Si
Chatiapo	17,34	I	Si
Humlre	3,76	I	No
Quispe	6,30	I	Si
Boca Negra	81,00	I	Si
El Tambo	41,50	I	Si
Almonte	13,00	I	Si
Santa Inés	21,00	II	Si
Rojas Maraboli	18,50	II	No
Alfonso Bolaños	9,00	II	No
Vilca Loredo	35,50	II	Si
Loredo	21,00	II	Si
Vilca Chang	37,00	II	Si
Bolaños Villanueva	8,00	II	Si
Ponce	7,00	II	No
Ramos	28,05	II	Si
Santa Raquel	77,50	II	Si
San Pablo	5,25	II	No
Flores	4,20	II	No
Punta de Rieles	5,24	II	No
El Pichín	5,25	II	No
Aguataya	65,66	II	Si
Kesler	4,70	III	No
La Isla	22,40	III	Si
Huanca	7,08	III	No
Puro Chile	66,99	III	Si
Linderos	23,90	III	Si
Poconchile	83,80	III	Si
García	13,65	III	No
Barranco Santa Rosa	19,00	III	Si
Mayorga	20,30	III	Si
La Palma Uno	23,00	III	Si
Huancarane	48,87	III	Si
La Palma Dos	36,00	III	Si
Visconti	119,50	III	Si
Kesler Gil	60,00	IV A	No
Arellano Beyzán	20,00	IV A	Si
Cora Beyzán	99,44	IV A	Si
El Muro	211,08	IV A	Si
Alanoca	26,60	IV A	No
Chacabuco	342,50	IV A	Si
Domínguez	7,50	IV A	No
Sascapa	428,32	IV B	Si
Bravo Dos	11,55	IV B	Si
Bravo Uno	17,85	IV B	Si
Valle Hermoso	249,00	V	Si
Aica González	30,00	V	Si

Cuadro 2.1.3-2. Superficies de Riego por sector y tipo de cultivo (há)

Sector	Maíz	Hortalizas	Pastizales	Barbecho	Total
Sector Alto	131,5	7,2	74,6	62,1	275,4
Sector I	138,5	22,5	177,3	158,5	496,8
Sector II	101,3	51,1	155,1	125,7	433,2
Sector III	349,0	73,0	153,1	144,4	719,5
Sector IV A	632,0	45,7	25,7	236,6	940,0
Sector IV B	269,2	120,4	40,2	188,2	618,0
Sector V	84,0	43,0	21,0	234,7	382,7
Total	1.698,4	401,9	683,9	1.248,2	4.032,4

Cuadro 2.1.3-3. Evapotranspiración mensual por tipo de cultivo (mm)

Mes	Maíz	Hortalizas	Pastizales
Enero	163,1	135,9	198,7
Febrero	147,0	122,5	179,0
Marzo	144,1	120,1	173,7
Abril	109,8	91,5	126,6
Mayo	92,2	76,8	100,5
Junio	73,9	61,6	75,8
Julio	74,0	61,7	75,9
Agosto	81,5	67,9	85,7
Septiembre	99,1	82,6	106,7
Octubre	120,0	100,0	135,3
Noviembre	131,6	109,7	155,3
Diciembre	149,3	124,4	179,9
Total	1.385,6	1.154,7	1.593,1

Respecto a la disponibilidad de aguas superficiales para riego, las máximas demandas no coinciden con la mayor disponibilidad de recursos. En efecto, las mayores demandas para riego se producen en los meses de octubre, noviembre y diciembre, mientras que típicamente los caudales medios mensuales del río Lluta decrecen a partir de Julio, llegando a un mínimo en el mes de noviembre, luego de lo cual los caudales se incrementan significativamente debido a los efectos del fenómeno climático denominado invierno boliviano, hasta alcanzar los valores máximos en los meses de febrero y marzo, en que prácticamente triplican los caudales medios mensuales de noviembre.

Cuadro 2.1.3-4 Calendario de Riego Valle del río Lluta

Sector Alto (Subsectores de Vilacollo a Linderos)		
Cultivo	Período de Cultivo	Período de Descanso
Maiz	4 meses (diciembre- marzo)	8 meses (abril – noviembre)
Hortalizas	Todo el año	-----
Pastizales	Todo el año	-----
Sector Bajo (Subsectores de Poconchile a Santa Rosa)		
Primer Maiz	4 meses (marzo – junio)	2 meses (julio – agosto)
Maiz	4 meses (sept. –diciembre)	2 meses (enero – febrero)
Hortalizas	Todo el año	-----
Pastizales	Todo el año	-----

En el estudio de JICA citado, se realizó un análisis de las demandas de agua superficial para riego, llegándose a valores de demandas que para el período del presente estudio son de 927 lt/seg en octubre, 1.056 lt/seg en noviembre, 1.209 lt/seg en diciembre, 433 lt/seg en enero, 431 lt/seg en febrero 1.212 lt/seg en marzo y 878 lt/seg en abril. Sin embargo, los valores anteriores, si bien son de magnitudes razonables como consumos totales, no reflejan en su conjunto la situación de riego real del valle, sometido a régimen de turnos de riego durante el período de mayores demandas. En todo caso, si se acepta que las demandas son del orden de las indicadas, y considerando las cifras de eficiencias de riego presentadas anteriormente, se obtienen caudales de pérdidas del orden de 600 lt/seg durante los meses de máxima demanda, las percolaciones al acuífero subterráneo provenientes del riego serían del orden de 200 lt/seg en el área de estudio.

El desfase descrito entre las demandas y los caudales del río, implica que a partir de mediados de octubre de cada año los recursos disponibles son insuficientes para permitir la operación simultánea de todos los canales de riego. Debido a ello, a partir de esa época y hasta el inicio de las crecidas del río, durante enero, la Junta de Vigilancia del río Lluta interviene el régimen natural del río, mediante un sistema de riego por turnos, lo que se realiza de forma similar desde hace años.

En este sistema de turnos, el valle del río Lluta, desde el canal Molinos, algo aguas debajo de Chapisca, hasta su desembocadura, riega mediante un sistema de turnos en un ciclo completo de 8 días. Durante dicho ciclo, se asigna un cierto número de horas de riego a cada uno de los seis sectores definidos: Sector I, Sector II, Sector III, Sector IVA, Sector IVB y Sector V, luego de lo cual el río escurre libremente durante un cierto número de horas, hasta completar el ciclo total. En el Cuadro 2.1.3-5 se indican las horas de riego asignadas a cada sector, mientras que en

el Cuadro 2.1.3-6 se presenta un esquema con los horarios de los turnos durante la temporada 1997/ 1998.

Cuadro 2.1.3-5. Horas de Riego por Sector

Sector	Horas de Riego
Sector I	33
Sector II	23
Sector III	32
Sector IV A	35
Sector IV B	25
Sector V	26
Río Libre	18
Total	192 (8 días)

De acuerdo a los antecedentes aportados por la Junta de Vigilancia, durante el período de turnos el caudal del río Lluta es captado en alrededor de un 85% por el sector en turno, mientras que el 15% restante es captado por las bocatomas de otros sectores, con el objeto de contar con una dotación mínima para animales y otros. En la práctica, los antecedentes de terreno permitieron constatar que en general se respetan los horarios de turno por canales, aún cuando la falta de compuertas de regulación en prácticamente todos los canales deja entregada dicha condición a la buena voluntad de los usuarios.

## 2.2 Descripción de la Prueba

Tal como se indicó anteriormente, el objetivo de la Prueba de Larga Duración fue recopilar información suficiente como para estimar el efecto de la extracción de aguas subterráneas sobre el caudal del río Lluta disponible para riego, además de recopilar antecedentes que permitan la construcción de un modelo de simulación hidrogeológico. Como área de estudio se amplió la zona en que se ubican los sondajes de ESSAT S.A. al tramo del valle comprendido entre el cruce de la Panamericana Norte, por aguas abajo, y Chapisca, por aguas arriba.

Para realizar dicha estimación, se definió que el tipo de información a recopilar debía ser relacionada con los recursos superficiales y subterráneos. De ese modo, la información medida corresponde a caudales del río Lluta en diferentes secciones, tal como se describe en la sección 3.1, a información de niveles y caudales de los pozos de bombeo y de estudio, de acuerdo al detalle que se presenta en la sección 3.2 y a caudales en los canales de riego, según lo indicado en 3.3.







En términos generales, la prueba consistió en recopilar la información indicada anteriormente para una condición sin bombeo, denominada línea base, y para una condición con los sondajes en explotación, que constituye la Prueba de Bombeo propiamente tal. Con posterioridad al término del bombeo desde los sondajes, se realizó mediciones durante un período suficiente para permitir la recuperación de los niveles estáticos originales en los sondajes.

Inicialmente, se contempló la posibilidad de determinar una línea base adicional, con posterioridad al término de la Prueba de Bombeo, bajo el supuesto de que las condiciones hidrológicas del río Lluta variarían en forma significativa entre la línea base inicial y la situación final. Sin embargo, debido a que los caudales medios del río Lluta para la Línea Base Inicial fueron similares a los existentes después de la Prueba de Bombeo, se desestimó realizar nuevas mediciones, que no contribuirían con información relevante adicional.

Respecto al período considerado para el desarrollo de la prueba, se consideró que la condición más desfavorable desde el punto de vista de los regantes era el período en que el río operaba en régimen de turnos, por corresponder a la época en que se superponen las mayores demandas con las menores disponibilidades de recursos superficiales.

De acuerdo a lo anterior, la prueba estuvo dividida en tres etapas principales:

- Línea Base
- Prueba de Bombeo
- Recuperación de Niveles

La línea base, cuya duración estimada era de 30 días, se inició el 8 de noviembre de 1997, una vez que el río empezó a operar en régimen de turnos, extendiéndose hasta el 15 de diciembre del mismo año, lo que significa una duración total de 37 días. Aunque la condición ideal para las mediciones de la línea base contemplaba que ninguno de los sondajes de ESSAT se encontrara operando, por necesidades de suministro de agua potable a la población de Arica se definió un caudal de bombeo total de 60 lt/seg para el período, según lo acordado entre la Dirección General de Aguas y las autoridades administrativas de la Región. Los pozos que se mantuvieron en operación durante la línea base corresponden al pozo P3, P16, P20 y P23.

La prueba de bombeo, por su parte, contemplaba la mantención del bombeo en todos los sondajes hasta obtenerse la estabilización de los niveles durante tres días. La estimación inicial era de que dicha estabilización se produciría

alrededor de 20 días después al inicio del bombeo. Sin embargo, la prueba, iniciada el 15 de diciembre de 1997, se extendió por un lapso mucho mayor, de 115 días, hasta el 9 de abril de 1998, debido a diferentes causas. En primer lugar, aún cuando varios de los sondajes de ESSAT fueron puestos en operación a partir de los días 15 y 16 de diciembre (pozos P3, P18-A, P16, P20 y P23), debido a dificultades propias de un proyecto en plena etapa de terminaciones y ajustes, los restantes pozos fueron puestos en operación con fechas posteriores: 26 de diciembre los pozos P26 y PA5; 22 de enero el pozo P5 y finalmente el pozo P13, puesto en operación el 23 de febrero de 1998. Otro factor relevante, consistió en que a pesar de que gran parte de los sondajes lograron la estabilización de niveles en el plazo estimado, un grupo de sondajes, los P13, P18A y P1A, ubicados en el sector en que se han identificado los mejores estratos acuíferos, demoró considerablemente en lograr la estabilización de los niveles, debido a la magnitud de los caudales extraídos y a fenómenos de interferencia entre los sondajes. Otro factor relevante, lo constituyó la inestabilidad en el suministro de energía eléctrica a los sondajes, que ocasionó numerosas interrupciones en la operación de los pozos, obligando a reiniciar el bombeo y retardando la estabilización de los niveles.

La última etapa de la prueba, de medición de recuperación de niveles, se inició el 9 de abril de 1998, previa autorización de la Dirección General de Aguas, quien concordó con el Consultor en cuanto a que se tenía una condición de estabilización de niveles adecuada. Durante dicha etapa, y por razones de simetría respecto de las mediciones hechas durante la línea base, se mantuvo en operación los mismos sondajes que se mantuvieron en operación en dicha fase del estudio. Las mediciones de la estabilización de niveles se realizaron hasta el 22 de abril, una vez lograda la condición de recuperación del 90% de la depresión en todos los sondajes, excepto en los sondajes P13, P18A y P1A indicados anteriormente, en que los niveles estáticos se estabilizaron a mayor profundidad que los niveles medidos antes de la prueba, lo que se debería a que durante la prueba se habrían drenado napas colgadas existentes en el área, las que posteriormente no se recuperaron.

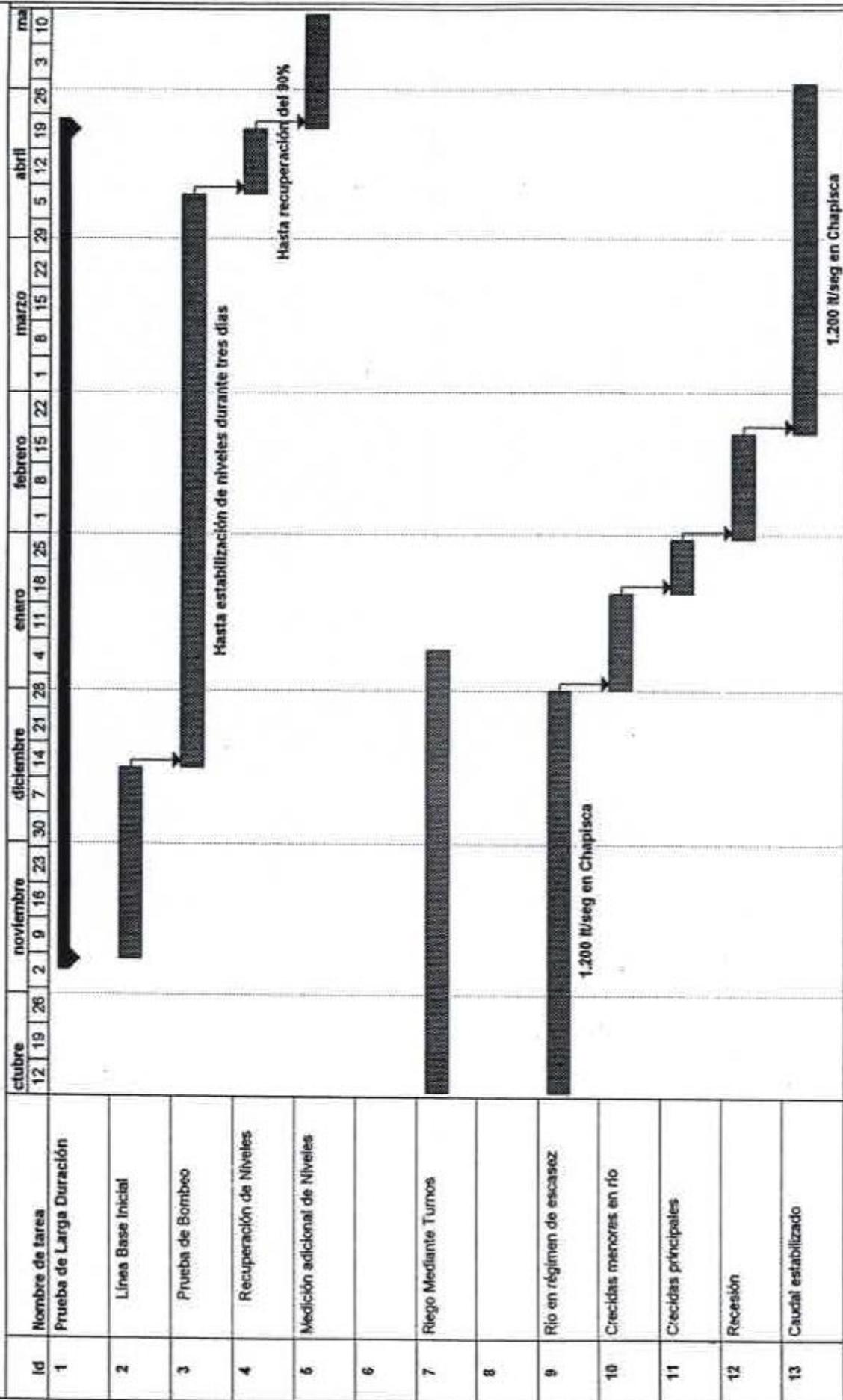
Como forma de verificación de la situación anterior, con posterioridad al término de la prueba se continuó realizando mediciones de niveles, cada tres días aproximadamente y hasta el 15 de mayo, confirmándose la condición de estabilización indicada.

Debe destacarse que durante el transcurso de la prueba, su desarrollo fue supervisado por la Dirección General de Aguas, quién recibió periódicamente información sobre su desarrollo y copia de los antecedentes recopilados, y que adicionalmente realizó sus propias mediciones de comparación, especialmente en lo relativo a verificar la condición de estabilización de los niveles en los sondajes.

### 2.3 Esquema de eventos Principales

Aún cuando en el desarrollo del presente informe se encuentran indicadas detalladamente las fechas de inicio y término de las diferentes etapas de la prueba y de los principales eventos ocurridos, se ha estimado de interés presentar un esquema resumen, en que aparecen graficadas la extensión de cada etapa de la prueba, la extensión del período de riego mediante turnos, y las principales fases del comportamiento hidrológico del río Lluta durante el período. Dicho esquema se presenta en la Figura 2.3-1.

Figura 2.3-1. Esquema de Eventos Principales Prueba de Larga Duración Valle del río Luján



### 3. Mediciones Efectuadas

#### 3.1 Medición de caudales en el río Lluta

##### 3.1.1 Secciones de control

Para la medición de caudales en el río Lluta, se determinó primeramente las secciones más convenientes para efectuar dichas mediciones, de modo de caracterizar adecuadamente el comportamiento del río en la zona de estudio. Dicha definición se realizó buscando utilizar la información proveniente de las estaciones de aforo de la Dirección General de Aguas, existentes en el área de estudio, así como sectorizar dicha área en tramos relacionados con los sectores de riego existentes.

De acuerdo al criterio anterior, se definió cuatro secciones de control, las que desde arriba hacia aguas abajo son las indicadas a continuación, y cuya ubicación se muestra en la Figura 2.1-1.

Como estación de control de aguas arriba, se definió la estación río Lluta en Chapisca, de la Dirección General de Aguas, que corresponde a una sección ubicada inmediatamente aguas arriba del Sector I de riego. Esta estación se ubica en el mismo sector en que anteriormente se encontraba ubicada la estación Tocontasi, también de la Dirección General de Aguas, la que hace algunos años fue destruida por las crecidas del río.

Como siguiente estación de aforo, se definió una sección denominada río Lluta en puente de ferrocarril, que como su nombre lo indica se encuentra en la sección del río en que se encuentra el cruce de la línea férrea sobre el río Lluta. Desde el punto de vista de los sectores de riego, esta sección se ubica justo en el límite entre los sectores de riego II y III, y por lo tanto, el tramo comprendido entre las dos secciones de aforo anteriores corresponde exactamente a los sectores de riego I y II.

La tercera sección de aforo definida, corresponde a la denominada río Lluta antes de puente Chacabuco, ubicada algunos metros hacia aguas arriba de dicho puente carretero. Esta estación se ubica entre los sectores de riego III y IVA, y por lo tanto, en conjunto con la estación río Lluta en puente de ferrocarril delimita el sector de riego III. En esta sección y la anterior, por tratarse de secciones de control definidas especialmente para el estudio, se buscó condiciones apropiadas para utilizarlas como sección de aforo, tal como un tramo de cauce definido y recto y facilidad de acceso, instalándose en cada una de ellas una regla limnimétrica de medición.

Finalmente, en el extremo de aguas abajo de la zona de estudio, se consideró la segunda de las estaciones de aforo perteneciente a la Dirección General de Aguas que existe en el área de estudio, denominada río Lluta en Panamericana. Esta sección delimita, en conjunto con la sección anterior, el tramo correspondiente a los sectores de riego IVA, IVB y parcialmente el sector V, en que para fines del estudio se consideró solamente los canales ubicados aguas arriba de dicha estación.

### 3.1.2 Preparación de las secciones de medición

Previamente al inicio de las mediciones se realizaron algunos trabajos de preparación de las secciones de control de caudales.

En la estación río Lluta en Chapisca, debido a que la sección se encontraba parcialmente obstruida por rocas de gran tamaño arrastradas durante las principales crecidas del año hidrológico 1996/1997, la Dirección General de Aguas realizó durante la última semana de octubre de 1997 un trabajo de acondicionamiento de la sección, dejándola en óptimas condiciones de medición. Adicionalmente, tanto en esta estación como en la de río Lluta en Panamericana, dicha repartición verificó que se encontraran instalados y funcionando correctamente los limnigrafos de registro de nivel de aguas existentes.

En las otras secciones de control, por su parte, se instaló reglas limnimétricas graduadas.

### 3.1.3 Mediciones realizadas en el río Lluta

De acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia de la Prueba, durante todo el período de ejecución de la misma se realizó mediciones diarias de alturas limnimétricas en las cuatro secciones de control definidas. Adicionalmente, se realizó aforos para diferentes alturas limnimétricas, de modo de construir una curva de descarga en cada una de dichas secciones, utilizándose como criterio la necesidad de realizar un aforo cada vez que la variación de nivel respecto de las mediciones anteriores era mayor a 3 a 4 cm, de modo de contar con un conjunto de aforos que en su conjunto cubrieran el total de alturas limnimétricas registradas. Los criterios anteriores implicaron la realización de 624 mediciones de alturas limnimétricas y 54 aforos en las diferentes secciones del río Lluta.

Las mediciones se efectuaron entre el 8 de noviembre de 1997 y el 23 de abril de 1998. Durante el período en que el río estuvo sometido al sistema de riego mediante turnos, las mediciones se realizaron a horas ubicadas dentro de los turnos,

de modo de evitar los lapsos en que por el cambio de turnos se producían transientes de caudales en el río.

En los registros de alturas limnimétricas, la información registrada fue la fecha, hora, altura limnimétrica y comentarios relevantes, mientras que en los aforos se completó el registro habitual, el que fue luego calculado. Adicionalmente a las alturas limnimétricas leídas diariamente en cada una de las cuatro secciones indicadas, durante el período que abarcó la prueba se realizaron 56 aforos en las estaciones seleccionadas. Los registros diarios de alturas limnimétricas se presentan en el Anexo A, mientras que los registros de aforo se presentan en el Anexo B.

Respecto a las mediciones, en la estación río Lluta en Chapisca, debido a las importantes crecidas ocurridas a fines de enero, no fue posible registrar las alturas limnimétricas durante los días 25 al 26 de enero de 1998, ya que el río cambió su cauce, con un brazo que escurría por una sección distinta a la de la estación de aforo. Debido a lo anterior, a partir del día 27 de enero se utilizó una sección diferente a la de la estación de la DGA, ubicada unos 150 m aguas arriba de la anterior, en que el cauce mantiene una sección única; en particular, entre el 27 de enero y el 3 de febrero, el caudal fue estimado a partir de mediciones de velocidad de un flotador, y mediante un perfil topográfico de la sección obtenido posteriormente. Adicionalmente, desde el día 27 de enero y hasta el 19 de marzo, las mediciones fueron hechas desde un punto alto hasta la superficie del agua, de manera de evitar que la reglilla fuera arrastrada por nuevas crecidas. Finalmente, el 19 de marzo se instaló una nueva reglilla, midiéndose las alturas limnimétricas en la forma habitual, desde el fondo del cauce hacia arriba, lo que se mantuvo hasta el término de la prueba.

En la sección de río Lluta en puente de ferrocarril, debido a que la reglilla fue arrastrada por las aguas, no se registró las alturas limnimétricas entre el 6 y el 8 de enero de 1998 y entre el 14 y el 26 de enero del mismo año. Al igual que en el caso anterior, las alturas limnimétricas fueron registradas desde un punto alto hasta la superficie del agua, aforándose mediante mediciones de velocidad entre el 27 de enero y el 3 de febrero de 1998.

En la sección río Lluta en puente Chacabuco, las alturas no fueron medidas entre el 28 de diciembre de 1997 y el 2 de enero debido a trabajo de maquinaria pesada en la sección. Tampoco se midió las alturas entre el 5 y el 8 de enero y entre el 14 y 26 de enero de 1998, debido a que las crecidas del río arrastraron la reglilla instalada. Al igual que en los dos casos anteriores, entre el 27 de enero y el 3 de febrero los aforos se realizaron mediante mediciones de velocidad de un flotador.

Finalmente, en la estación río Lluta en Panamericana, se registró sin dificultades las alturas limnimétricas para todo el período, debiendo solamente indicarse que las alturas registradas a partir del 19 de abril no registraban los recursos superficiales propiamente tales, sino que las descargas al río provenientes de tratamiento de ESSAT.

Como control de los registros obtenidos, se comparó las alturas leídas durante la prueba con los registros limnigráficos de las estaciones de la Dirección General de Aguas. En el caso de la estación río Lluta en Chapisca, se comparó los niveles entre el 21 de noviembre de 1997 y el 14 de enero de 1998, fecha esta última en que la estación quedó fuera de servicio, debido a embanques ocasionados por las crecidas del río, y a que dicho cauce cambió su curso, escurriendo parcialmente por una sección distinta a la registrada por la estación. En el caso de la estación río Lluta en Panamericana, la comparación se realizó para el período comprendido entre el 21 de noviembre de 1997 y el 24 de marzo de 1998, con algunas interrupciones debidas a embanques en la entrada al instrumento de registro, correspondiendo la última fecha indicada a la información final disponible al momento de la ejecución del presente informe.

De la comparación anterior, mostrada en el Cuadro 3.1.3-1, se desprende que en la estación Lluta en Chapisca las diferencias registradas entre ambas mediciones, para la misma hora, son mínimas, alcanzando como máximo a 2 cm, excepto en casos excepcionales, en que por efectos de embanque en la entrada del instrumento inscriptor, las diferencias son algo mayores, de hasta 7 cm, siendo en esos casos más confiables las mediciones directas registradas. En el caso de la estación Lluta en Panamericana, cuyos valores comparados se muestran en el Cuadro 3.1.3-2, las diferencias son igualmente mínimas, del orden de 1 a 2 cm, excepto 3 mediciones puntuales, en que las diferencias llegaron a los 4 cm.

#### 3.1.4 Estadística de caudales

En el Cuadro 3.1.4-1 se presentan los valores de caudales diarios determinados para cada una de las cuatro secciones, para el período comprendido entre el 8 de noviembre de 1997 y el 23 de abril de 1998, con indicación de la fecha, hora, altura limnimétrica y caudal estimado o aforado para cada medición.

Por su parte, en las Figuras 3.1.4-1 a 3.1.4-4, se presentan los caudales diarios en las estaciones de Lluta en Chapisca, Lluta en puente ferrocarril, Lluta aguas arriba de puente Chacabuco y Lluta en Panamericana, respectivamente.

Cuadro 3.1.3-1. Comparación entre alturas limnimétricas del Estudio y los registros limnigráficos DGA.

Río Luta en Chapisca

Fecha	Hora	HL leída (m)	Registro Lm. (m)	Diferencia (m)
21/11/97	9:23	2,060	2,060	0,000
22/11/97	11:15	2,060	2,070	-0,010
23/11/97	11:10	2,070	2,070	0,000
24/11/97	11:00	2,065	2,080	-0,015
25/11/97	11:30	2,070	2,080	-0,010
26/11/97	9:30	2,060	2,080	-0,020
27/11/97	12:44	2,060	2,060	0,000
28/11/97	11:40	2,060	2,065	-0,005
29/11/97	10:26	2,050	2,060	-0,010
30/11/97	14:20	2,055	2,060	-0,005
1/12/97	10:30	2,060	2,060	0,000
2/12/97	10:30	2,060	2,070	-0,010
3/12/97	11:50	2,060	2,060	0,000
4/12/97	11:35	2,060	2,060	0,000
5/12/97	11:50	2,055	2,040	0,015
6/12/97	11:21	2,050	2,040	0,010
7/12/97	12:35	2,050	2,040	0,010
8/12/97	11:21	2,050	2,040	0,010
9/12/97	12:30	2,050	2,040	0,010
10/12/97	10:30	2,050	2,040	0,010
11/12/97	11:40	2,050	2,040	0,010
12/12/97	10:15	2,050	2,050	0,000
13/12/97	10:15	2,050	2,040	0,010
14/12/97	10:15	2,050	2,040	0,010
15/12/97	12:10	2,040	2,040	0,000
16/12/97	10:36	2,050	2,050	0,000
17/12/97	10:58	2,060	2,060	0,000
18/12/97	9:50	2,060	2,060	0,000
19/12/97	9:45	2,060	2,060	0,000
20/12/97	10:05	2,060	2,060	0,000
21/12/97	10:55	2,060	2,060	0,000
22/12/97	11:40	2,080	2,080	0,000
23/12/97	11:40	2,080	2,070	0,010
24/12/97	10:00	2,060	2,060	0,000
25/12/97	12:00	2,060		
26/12/97	14:00	2,060	2,060	0,000
27/12/97	10:30	2,060	2,060	0,000
28/12/97	11:10	2,060	2,060	0,000
29/12/97	10:15	2,060	2,060	0,000
30/12/97	16:40	2,060	2,060	0,000
31/12/97	12:00		2,060	
1/01/98	12:00	2,140	2,140	0,000
2/01/98	11:40	2,120	2,130	-0,010
3/01/98	17:25	2,140	2,140	0,000
4/01/98	12:30	2,180	2,170	0,010
5/01/98	13:03	2,200	2,200	0,000
6/01/98	12:00	2,220	2,230	-0,010
7/01/98	11:50	2,150	2,190	-0,040
8/01/98	11:30	2,120	2,180	-0,060
9/01/98	12:51	2,110	2,180	-0,070
10/01/98	10:40	2,100	2,090	0,010
11/01/98	13:50	2,220	2,240	-0,020
12/01/98	13:55	2,120	2,110	0,010
13/01/98	10:45	2,120	2,120	0,000
14/01/98	11:35	2,320	2,280	0,040

Cuadro 3.1.3-2 : Comparación entre alturas limnimétricas del Estudio y los registros limnigráficos DGA.

Río Lluta en Panamericana

Fecha	Hora	HL leída (m)	Registro Lim. (m)	Diferencia (m)
21/11/97	12:50	0,005	0,025	0,020
22/11/97	14:48	0,010	0,025	0,015
23/11/97	13:30	0,060	0,055	-0,005
24/11/97	13:25	0,030	0,025	-0,005
25/11/97	14:05	0,020	0,020	0,000
26/11/97	14:10	0,000	0,020	0,020
27/11/97	15:16	0,000	0,015	0,015
28/11/97	16:30	0,000	0,010	0,010
29/11/97	16:22	0,000	0,010	0,010
30/11/97	16:35	0,000	0,000	0,000
1/12/97	12:40	0,070	0,090	0,020
2/12/97	12:59	0,020	0,017	-0,003
3/12/97	16:00	0,000	0,015	0,015
4/12/97	18:20	0,000	0,010	0,010
5/12/97	15:30	0,000	0,010	0,010
6/12/97	16:18	0,000	0,008	0,008
7/12/97	15:05	0,000	0,005	0,005
8/12/97	16:47	0,050	0,045	-0,005
9/12/97	15:22	0,040	0,040	0,000
10/12/97	13:29	0,005	0,010	0,005
11/12/97	14:08	0,000	0,010	0,010
12/12/97	13:08	0,000	0,008	0,008
13/12/97	14:10	0,000	0,004	0,004
14/12/97	13:40	0,000	0,008	0,008
15/12/97	14:35	0,000	0,003	0,003
16/12/97	12:45	0,000	0,000	0,000
17/12/97	14:30	0,025	0,015	-0,010
18/12/97	12:34	0,000	0,015	0,015
19/12/97	12:56	0,000	0,015	0,015
20/12/97	15:09	0,000	0,010	0,010
21/12/97	15:41	0,000	0,005	0,005
22/12/97	16:04	0,000	0,000	0,000
23/12/97	15:00	0,000	0,000	0,000
24/12/97	12:05	0,020	0,005	-0,015
25/12/97	14:39	0,070	0,070	0,000
26/12/97	17:40	0,030	0,020	-0,010
27/12/97	14:30	0,020	0,020	0,000
28/12/97	15:20	0,020	0,020	0,000
29/12/97	13:35	0,000	0,020	0,020
30/12/97	18:57	0,000	0,015	0,015
31/12/97	12:00		0,010	
1/01/98	13:15	0,010	0,010	0,000
2/01/98	13:42	0,160	0,160	0,000
3/01/98	19:56	0,110	0,100	-0,010
4/01/98	16:45	0,140	0,140	0,000
5/01/98	16:00	0,360	0,350	-0,010
6/01/98	16:00	0,580	0,640	0,060
7/01/98	15:45	0,450	0,440	-0,010
8/01/98	16:00	0,330	0,380	0,050
9/01/98	16:22	0,210	0,190	-0,020
10/01/98	12:50	0,200	0,200	0,000
11/01/98	15:58	0,390	0,410	0,020

Cuadro 3.1.3-2 : Comparación entre alturas limnimétricas del Estudio y los registros limnigráficos DGA. (Continuación)

Río Lluta en Panamericana

Fecha	Hora	HL leída (m)	Registro Lim. (m)	Diferencia (m)
12/01/98	16:00	0,300	0,280	-0,020
13/01/98	16:02	0,210	0,230	0,020
14/01/98	14:30	0,600	0,640	0,040
15/01/98	13:46	0,340	0,350	0,010
16/01/98	0:00		0,315	
16/01/98	15:05	0,310	0,310	0,000
17/01/98	11:00		0,270	
17/01/98	17:00	0,220	0,220	0,000
18/01/98	18:30	0,180	0,190	0,010
19/01/98	9:00		0,190	
19/01/98	15:15	0,150	0,140	-0,010
20/01/98	2:00		0,150	
20/01/98	10:45		0,220	
20/01/98	12:25	0,600	0,650	0,050
21/01/98	4:00		0,460	
21/01/98	6:00		0,960	
21/01/98	11:00		0,670	
21/01/98	13:00		0,740	
21/01/98	15:40	0,720	0,730	0,010
22/01/98	9:00		0,480	
22/01/98	11:00		0,770	
22/01/98	16:18	0,590	0,580	-0,010
22/01/98	19:00		0,520	
23/01/98	5:00		0,560	
23/01/98	9:00		0,820	
23/01/98	15:19	0,650	0,660	0,010
24/01/98	1:30		0,530	
24/01/98	2:00		1,090	
24/01/98	12:00		0,640	
24/01/98	16:00	0,480	sin lect.	
25/01/98	3:00		1,930	
25/01/98	5:00		1,010	
25/01/98	15:00	0,920	sin lect.	
26/01/98	10:40	1,420	1,440	0,020
27/01/98	10:40	0,800	sin lect.	
27/01/98	16:30		0,580	
28/01/98	5:00		0,430	
28/01/98	6:00		1,660	
28/01/98	10:30	0,970	0,890	-0,080
29/01/98	7:00		0,830	
29/01/98	8:00		0,940	
29/01/98	22:30	0,580	sin lect.	
30/01/98	4:00		1,750	
30/01/98	13:00		0,930	
30/01/98	21:30	0,780	sin lect.	
31/01/98	19:45	0,540	sin lect.	
1/02/98	14:07	0,500	sin lect.	
2/02/98	12:00		0,380	
2/02/98	18:40	0,440	sin lect.	
3/02/98	17:40	0,410	0,410	0,000
4/02/98	22:05	0,350	0,340	-0,010
5/02/98	18:40	0,340	0,330	-0,010

Cuadro 3.1.3-2 : Comparación entre alturas limnimétricas del Estudio y los registros limnigráficos DGA. (Continuación)

Río Lluta en Panamericana

Fecha	Hora	HL leída (m)	Registro Lim. (m)	Diferencia (m)
6/02/98	19:22	0,320	0,310	-0,010
7/02/98	17:15	0,300	0,295	-0,005
8/02/98	17:45	0,310	0,305	-0,005
9/02/98	17:50	0,330	0,325	-0,005
10/02/98	17:40	0,330	0,280	-0,050
11/02/98	17:30	0,310	0,260	-0,050
12/02/98	18:45	0,300	0,290	-0,010
13/02/98	18:05	0,270	0,275	0,005
14/02/98	17:28	0,310	0,300	-0,010
15/02/98	18:13	0,260	0,260	0,000
15/02/98	22:00		0,360	
16/02/98	18:12	0,320	0,330	0,010
17/02/98	17:30	0,310	0,310	0,000
18/02/98	17:15	0,320	0,320	0,000
19/02/98	16:45	0,300	0,290	-0,010
20/02/98	17:53	0,230	0,260	0,030
21/02/98	17:58	0,230	0,230	0,000
22/02/98	18:18	0,240	0,230	-0,010
23/02/98	18:58	0,230	0,210	-0,020
24/02/98	16:51	0,200	0,210	0,010
25/02/98	18:27	0,220	0,210	-0,010
26/02/98	18:32	0,230	0,220	-0,010
27/02/98	16:15	0,185	0,180	-0,005
28/02/98	20:30	0,165	0,165	0,000
1/03/98	17:20	0,210	0,200	-0,010
2/03/98	18:48	0,160	0,170	0,010
3/03/98	17:05	0,185	0,185	0,000
4/03/98	17:20	0,200	0,200	0,000
5/03/98	18:04	0,190	0,200	0,010
6/03/98	17:50	0,160	0,170	0,010
7/03/98	17:10	0,160	0,165	0,005
8/03/98	17:45	0,140	sin lect.	
9/03/98	19:48	0,140	sin lect.	
10/03/98	17:20	0,130	0,090	-0,040
11/03/98	19:15	0,150	0,195	0,045
12/03/98	19:35	0,150	0,110	-0,040
13/03/98	18:30	0,160	0,150	-0,010
14/03/98	17:34	0,100	0,100	0,000
15/03/98	17:48	0,080	0,080	0,000
16/03/98	17:25	0,070	0,080	0,010
17/03/98	17:52	0,090	0,010	-0,080
18/03/98	17:32	0,090	0,080	-0,010
19/03/98	20:20	0,060	0,060	0,000
20/03/98	18:45	0,115	0,120	0,005
21/03/98	17:40	0,120	0,120	0,000
22/03/98	17:45	0,110	0,110	0,000
23/03/98	17:40	0,100	0,105	0,005
24/03/98	17:56	0,110		

Cuadro 3.1.4-1. Caudales río Liuta en secciones de control (Continuación)

Fecha	En Chapisca			En pte. FFCC			En pte. Chacabuco			En Panamericana		
	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)
16/12/97	10:36	1,110	2,050	11:55	0,833	0,39	12:15	0,583	0,15	12:45	0,005	-
17/12/97	10:58	1,166	2,060	12:08	0,958	0,40	12:54	0,660	0,16	14:30	0,053	0,03
18/12/97	9:50	1,155	2,060	10:30	0,833	0,39	10:55	0,667	0,16	12:34	0,005	-
19/12/97	9:45	1,155	2,060	10:18	0,734	0,37	10:41	0,667	0,16	12:56	0,005	-
20/12/97	10:05	1,155	2,060	10:54	0,833	0,39	14:24	0,306	0,11	15:09	0,000	0,00
21/12/97	10:55	1,155	2,060	12:55	0,688	0,36	15:14	0,119	0,07	15:41	0,005	-
22/12/97	11:40	1,249	2,080	13:26	0,734	0,37	15:32	0,119	0,07	16:04	0,005	-
23/12/97	11:40	1,249	2,080	14:13	0,085	0,15	14:36	0,087	0,06	15:00	0,005	-
24/12/97	10:00	1,155	2,060	11:05	0,833	0,39	11:40	0,756	0,17	12:05	0,040	0,02
25/12/97	12:00	1,155	2,060	13:09	1,000	0,40	13:30	0,667	0,16	14:39	0,196	0,07
26/12/97	14:00	1,155	2,060	15:50	0,807	0,39	16:12	0,667	0,16	17:40	0,067	0,03
27/12/97	10:30	1,155	2,060	11:49	1,000	0,40	12:14	0,756	0,17	14:30	0,040	0,02
28/12/97	11:10	1,155	2,060	12:41	0,833	0,39	14:50	maquinaria trabajando		15:20	0,040	0,02
29/12/97	10:15	1,155	2,060	11:30	0,600	0,34	13:10	maquinaria trabajando		13:35	0,005	-
30/12/97	16:40	1,155	2,060	18:06	0,275	0,25	18:30	maquinaria trabajando		18:57	0,005	-
31/12/97												
1/1/98	12:00	2,020	2,140	12:40	1,417	0,45				13:15	0,005	0,01
2/1/98	11:40	1,664	2,120	12:40	1,326	0,44				13:42	0,557	0,16
3/1/98	17:25	1,817	2,140	18:45	1,417	0,45	19:20	maquinaria trabajando		19:56	0,347	0,11
4/1/98	12:30	2,780	2,180	13:32	1,984	0,50	14:45	2,209	0,50	16:45	0,668	0,14
5/1/98	13:03	3,578	2,200	13:45	3,005	0,58	15:30	2,209	0,70	16:00	3,000	0,36
6/1/98	12:00	4,314	2,220	crecida se llevó reglilla						16:00	5,700	0,58
7/1/98	11:50	2,225	2,150	crecida se llevó reglilla						15:45	3,800	0,45
8/1/98	11:30	1,664	2,120	crecida se llevó reglilla						16:00	2,500	0,33
9/1/98	12:51	1,426	2,110	14:35	1,095	0,39	15:32	0,995	0,40	16:22	0,827	0,21
10/1/98	10:40	1,368	2,100	11:40		0,36	12:04	0,995	0,38	12:50	0,739	0,20
11/1/98	13:50	4,314	2,220	14:42		0,57	15:16		0,60	15:58	3,300	0,39
12/1/98	13:55	1,664	2,120	14:38		0,43	15:00	0,995	0,43	16:00	2,000	0,30
13/1/98	10:45	1,664	2,120	11:34		0,40	14:01	1,311	0,42	16:02	0,786	0,21
14/1/98	17:10	4,396	2,230	crecida se llevó reglilla						14:30	5,900	0,60
15/1/98	10:15	2,694	2,170							13:46	2,700	0,34
16/1/98	10:30	1,834	2,130							15:05	2,200	0,31
17/1/98	13:15	1,664	2,120							17:00	0,834	0,22
18/1/98	14:40	1,664	2,120							18:30	0,647	0,18
19/1/98	10:30	1,834	2,130							15:15	0,514	0,15
20/1/98	10:00	16,660	2,370							12:25	5,900	0,60
21/1/98	12:05	25,648	2,420							15:40	7,300	0,72
22/1/98	13:25	21,606	2,400							16:18	5,800	0,59

SIN INFORMACIÓN

Cuadro 3.1.4-1. Caudales río Lluta en secciones de control (Continuación)

Fecha	En Chapisca		En pte. FFCC		En pte. Chacabuco		En Panamericana		
	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)
23/1/98	9:00	21,606	2,400				15:19	6,200	0,65
24/1/98	cambio de cauce						16:00	4,000	0,48
25/1/98							15:00	11,200	0,92
26/1/98							10:40	29,700	1,42
27/1/98		1,814	2,320		8,737	3,00	3,17	9,208	0,80
28/1/98		14,735	1,820		17,781	2,80	3,04	14,133	0,97
29/1/98		3,159	2,120		9,568	3,18	3,39	3,866	0,58
30/1/98	18:40	2,591	2,300	19:35	10,156	3,30	20:00	17,154	0,78
31/1/98	17:20	3,306	2,180	18:30	6,033	3,53	18:54	5,642	0,54
1/2/98	9:20	3,166	2,230	10:25	5,383	3,54	11:30	3,523	0,50
2/2/98	14:30	2,394	2,240	16:15	4,892	3,56	17:15	3,379	0,44
3/2/98	10:40	2,579	2,220	13:30	4,430	3,57	15:40	2,599	0,41
4/2/98	11:00	2,462	2,040	15:35	1,826	3,67	19:40	1,889	0,35
5/2/98	10:55	2,448	2,040	13:30	1,762	3,70	16:56	2,200	0,34
6/2/98	12:05	2,146	2,070	13:20	1,845	3,69	17:00	1,500	0,32
7/2/98	9:50	2,146	2,070	12:00	2,011	3,67	15:03	1,400	0,30
8/2/98	10:05	2,247	2,060	12:18	2,094	3,66	15:35	1,400	0,31
9/2/98	10:25	2,347	2,050	12:55	2,427	3,62	15:42	2,200	0,33
10/2/98	10:15	2,247	2,060	12:18	2,261	3,64	15:20	1,900	0,33
11/2/98	11:40	2,247	2,060	13:56	1,928	3,68	16:15	1,400	0,31
12/2/98	10:30	2,046	2,080	13:05	1,678	3,71	16:10	1,500	0,30
13/2/98	11:05	2,146	2,070	12:56	1,762	3,70	15:40	1,400	0,27
14/2/98	11:25	2,046	2,080	13:15	1,678	3,71	15:45	1,000	0,31
15/2/98	11:10	2,648	2,020	13:12	2,677	3,59	15:55	0,800	0,26
16/2/98	11:25	2,448	2,040	13:28	1,928	3,68	15:57	1,034	0,32
17/2/98	11:47	2,046	2,080	13:02	2,094	3,66	15:20	1,560	0,31
18/2/98	11:00	2,043	2,080	13:10	2,006	3,70	15:30	1,643	0,32
19/2/98	11:05	1,645	2,120	12:40	1,595	3,72	14:58	0,902	0,30
20/2/98	11:25	1,444	2,140	13:05	1,512	3,73	15:43	0,687	0,23
21/2/98	11:10	1,444	2,140	12:55	1,429	3,74	15:38	0,459	0,23
22/2/98	11:00	1,645	2,120	14:10	1,595	3,72	16:23	0,902	0,24
23/2/98	11:55	1,544	2,130	13:53	1,512	3,73	16:42	0,687	0,23
24/2/98	11:00	1,444	2,140	12:47	1,512	3,73	15:11	0,687	0,20
25/2/98	11:30	1,606	2,120	13:58	1,373	3,75	16:00	1,001	0,22
26/2/98	13:21	1,544	2,130	14:43	1,262	3,76	17:15	0,787	0,23
27/2/98	12:05	1,544	2,130	13:38	1,262	3,76	14:47	0,687	0,19
28/2/98	14:25	1,444	2,140	16:15	1,054	3,79	18:50	0,459	0,17
1/3/98	10:40	1,645	2,120	12:35	1,345	3,75	15:23	0,787	0,21

Cuadro 3.1.4-1. Caudales río Luita en secciones de control (Continuación)

Fecha	En Chapisca		En pte. FFCC		En pte. Chacabuco		En Panamericana					
	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)			
9/4/98	10:40	1,150	0,410	12:24	1,137	3,78	15:00	0,601	3,44	18:17	0,128	0,05
10/4/98	11:30	1,199	0,415	13:33	1,429	3,74	16:20	0,601	3,44	18:40	0,347	0,11
11/4/98	10:30	1,248	0,420	12:26	1,387	3,75	15:18	0,525	3,45	17:20	0,232	0,08
12/4/98	11:00	1,150	0,410	13:02	1,262	3,76	16:00	0,375	3,48	18:03	0,196	0,07
13/4/98	10:30	1,248	0,420	12:16	1,012	3,79	15:10	0,459	3,46	17:08	0,040	0,02
14/4/98	11:05	1,101	0,405	13:08	0,596	3,84	16:03	0,401	3,47	18:03	0,007	0,01
15/4/98	11:15	1,101	0,405	13:16	0,763	3,82	16:14	0,351	3,48	18:08	0,000	Seco
16/4/98	12:00	1,150	0,410	13:55	0,763	3,82	16:33	0,269	3,50	18:25	0,000	Seco
17/4/98	10:50	1,150	0,410	12:52	1,054	3,79	15:43	0,269	3,50	18:00	0,000	Seco
18/4/98	11:15	1,101	0,405	12:58	0,929	3,80	15:25	0,181	3,53	17:08	0,000	Seco
19/4/98	10:45	1,150	0,410	12:43	1,096	3,78	15:28	0,181	3,53	17:35	0,000	0,01
20/4/98	11:10	1,101	0,405	13:12	0,929	3,80	16:10	0,307	3,49	18:16	0,000	0,08
21/4/98	11:00	1,199	0,415	13:00	1,137	3,78	16:00	0,736	3,43	18:05	0,000	0,07
22/4/98	10:30	1,248	0,420	12:48	1,262	3,76	15:30	0,642	3,44	17:23	0,000	0,10
23/4/98	10:00	1,248	0,420	11:52	1,179	3,77	14:44	0,601	3,44	16:33	0,000	0,12
28/4/98	11:15	1,199	0,415	14:50	0,734	3,82						

Cuadro 3.1.4-1. Caudales río Lluta en secciones de control

Fecha	En Chapisca		En pte. FFCC		En pte. Chacabuco		En Panamericana		
	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)	Hora	Q (m3/seg)	Alt. Lim. (m)
8/11/97	11:30	1,186	2,075	11:45	1,205	0,43	12:40	1,187	0,20
9/11/97	11:30	1,249	2,080	12:30	1,238	0,43	12:45	1,060	0,20
10/11/97	11:10	1,225	2,075	11:50	1,663	0,48	12:20	0,425	0,14
11/11/97	10:35	1,155	2,060	11:10	1,075	0,41	16:20	0,169	0,08
12/11/97	11:00	1,155	2,060	13:20	0,421	0,30	17:05	0,158	0,08
13/11/97	12:00	1,155	2,060	15:25	0,083	0,18	16:15	0,138	0,08
14/11/97	9:30	1,155	2,060	11:50	1,238	0,43	12:12	0,852	0,18
15/11/97	10:45	1,201	2,070	11:40	1,281	0,44	12:12	0,852	0,18
16/11/97	10:15	1,155	2,060	11:25	1,238	0,43	11:48	0,756	0,17
17/11/97	10:40	1,155	2,060	11:40	1,371	0,45	12:03	0,902	0,19
18/11/97	10:00	1,155	2,060	10:50	1,238	0,43	12:05	0,306	0,11
19/11/97	11:50	1,155	2,060	12:30	1,000	0,40	14:10	0,201	0,09
20/11/97	10:45	1,155	2,060	12:20	0,482	0,31	15:20	0,119	0,07
21/11/97	9:23	1,155	2,060	11:58	0,169	0,20	12:22	0,138	0,08
22/11/97	11:15	1,155	2,060	14:05	1,075	0,41	14:25	0,667	0,16
23/11/97	11:10	1,201	2,070	12:13	1,238	0,43	12:38	0,852	0,18
24/11/97	11:00	1,178	2,065	12:10	1,238	0,43	12:30	0,852	0,18
25/11/97	11:30	1,201	2,070	12:15	1,155	0,42	12:40	0,852	0,18
26/11/97	9:30	1,155	2,060	10:25	1,196	0,43	13:45	0,366	0,12
27/11/97	12:44	1,155	2,060	13:22	0,688	0,36	14:50	0,179	0,09
28/11/97	11:40	1,155	2,060	13:38	0,346	0,27	16:00	0,158	0,08
29/11/97	10:26	1,130	2,050	14:35	0,054	0,11	15:28	0,159	0,08
30/11/97	14:20	1,132	2,055	15:35	0,833	0,39	16:05	0,583	0,15
1/12/97	10:30	1,155	2,060	11:30	1,000	0,40	11:40	0,852	0,18
2/12/97	10:30	1,155	2,060	11:40	1,000	0,40	12:03	0,852	0,18
3/12/97	11:50	1,155	2,060	13:23	0,807	0,39	14:06	0,803	0,18
4/12/97	11:35	1,155	2,060	13:10	0,783	0,38	16:34	0,201	0,09
5/12/97	11:50	1,132	2,055	13:20	0,617	0,35	15:13	0,158	0,08
6/12/97	11:21	1,110	2,050	12:52	0,150	0,19	14:54	0,102	0,07
7/12/97	12:35	1,110	2,050	14:08	0,041	0,11	14:42	0,087	0,06
8/12/97	11:21	1,110	2,050	12:48	0,734	0,37	15:09	0,251	0,10
9/12/97	12:30	1,110	2,050	13:43	0,734	0,37	14:24	0,583	0,15
10/12/97	10:30	1,110	2,050	11:17	0,830	0,37	12:08	0,505	0,14
11/12/97	11:40	1,110	2,050	12:30	0,783	0,38	12:58	0,756	0,17
12/12/97	10:15	1,110	2,050	11:00	0,783	0,38	12:44	0,278	0,11
13/12/97	10:15	1,110	2,050	11:05	0,539	0,33	13:45	0,119	0,07
14/12/97	10:15	1,110	2,050	11:33	0,132	0,18	13:18	0,119	0,07
15/12/97	12:10	1,067	2,040	14:02	0,072	0,14	14:24	0,119	0,07

Figura 3.1.4-1. Caudales Diarios  
Río Lluta en Chapisca

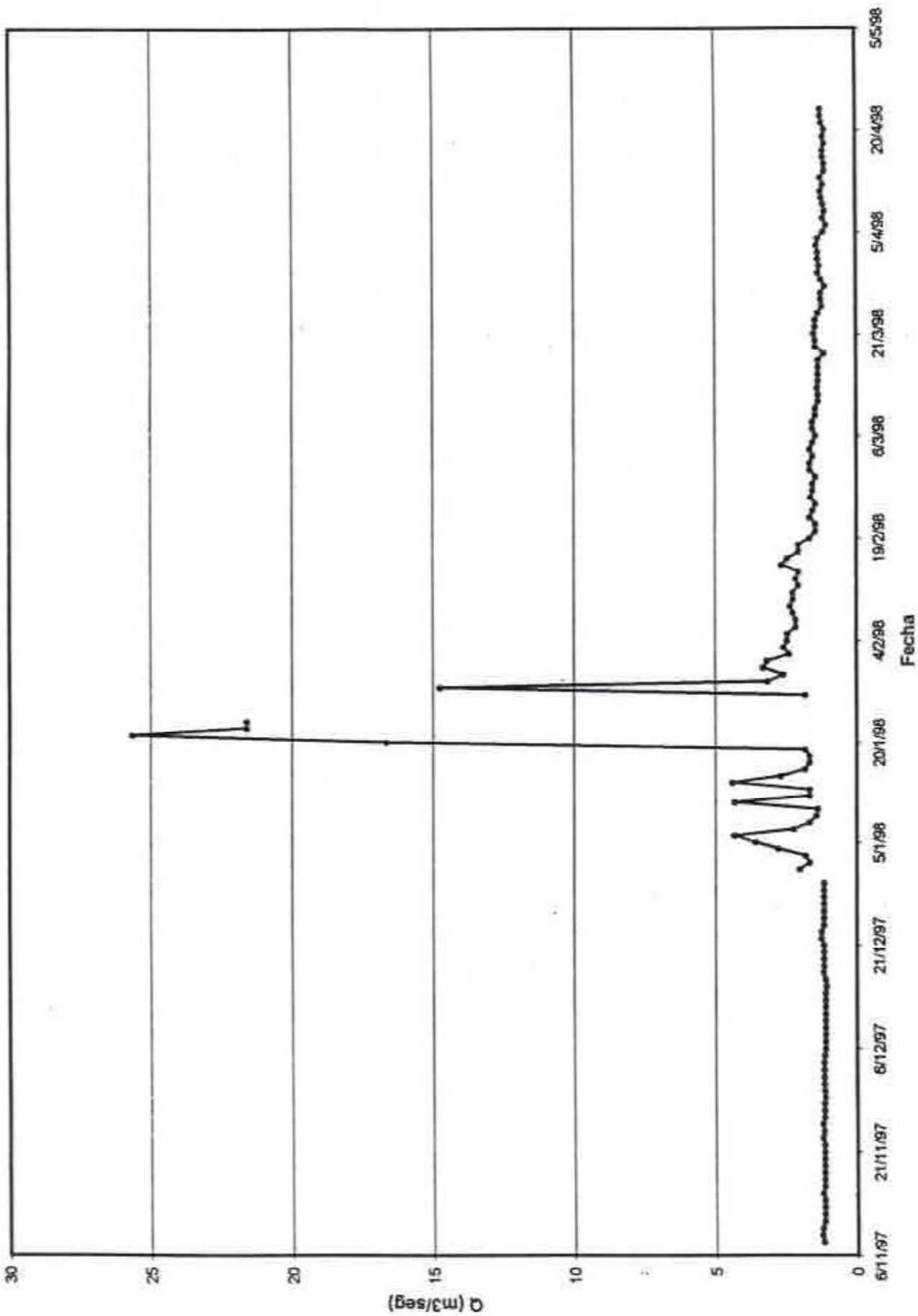


Figura 3.1.4-2. Caudales Diarios  
Río Lluta en Pte FF.CC.

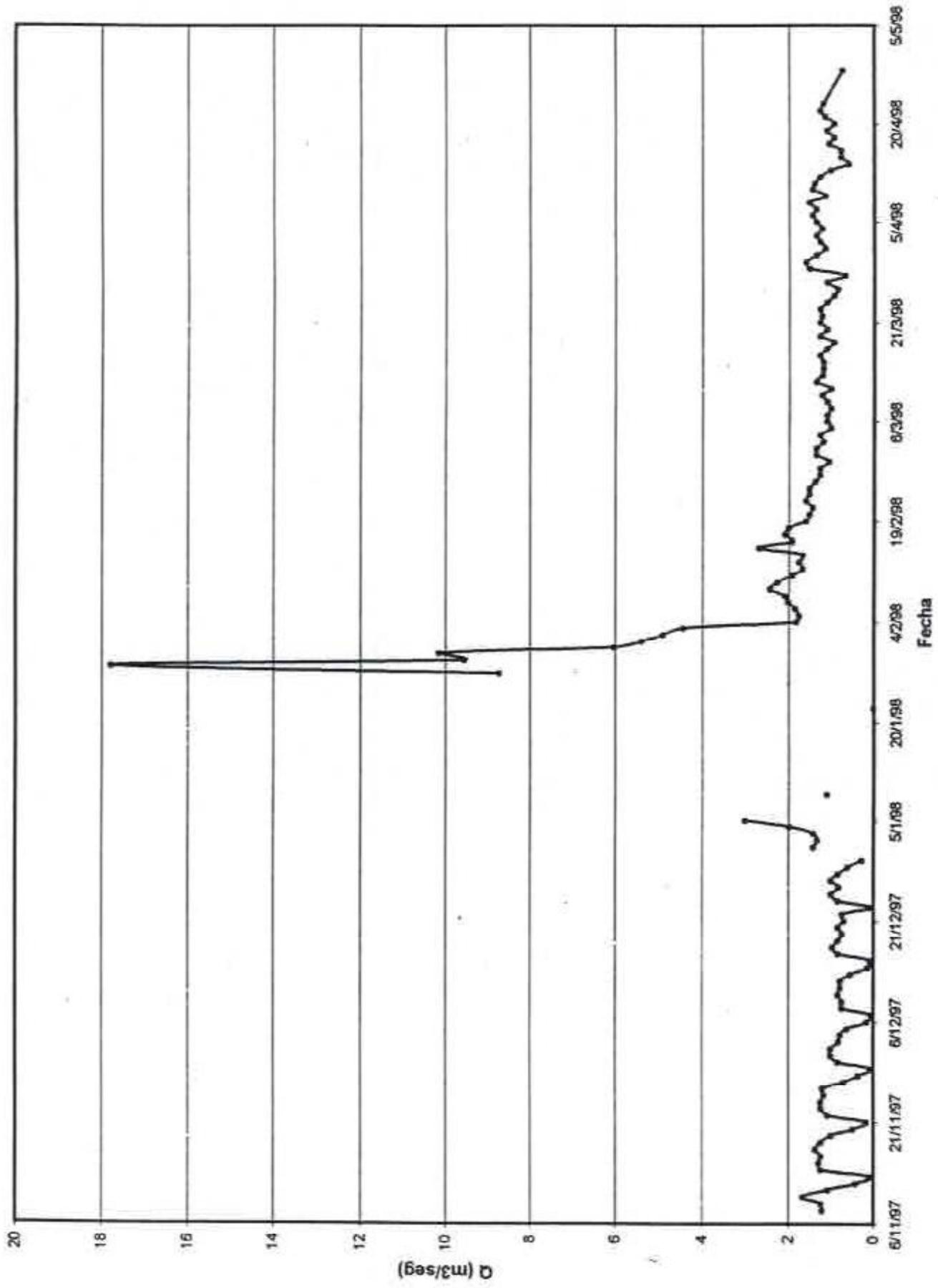


Figura 3.1.4-3. Caudales Diarios  
Río Lluta en Puente Chacabuco

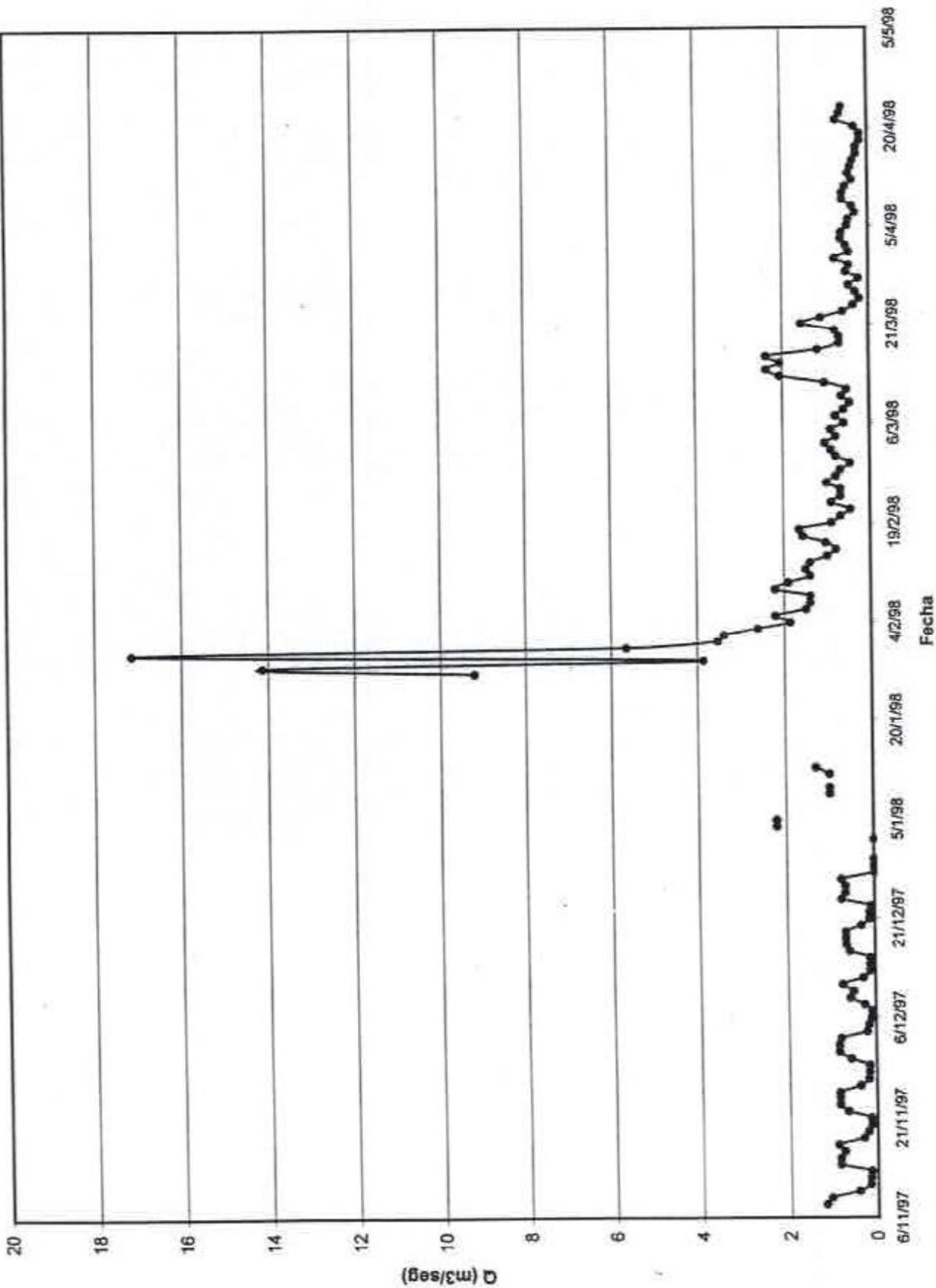
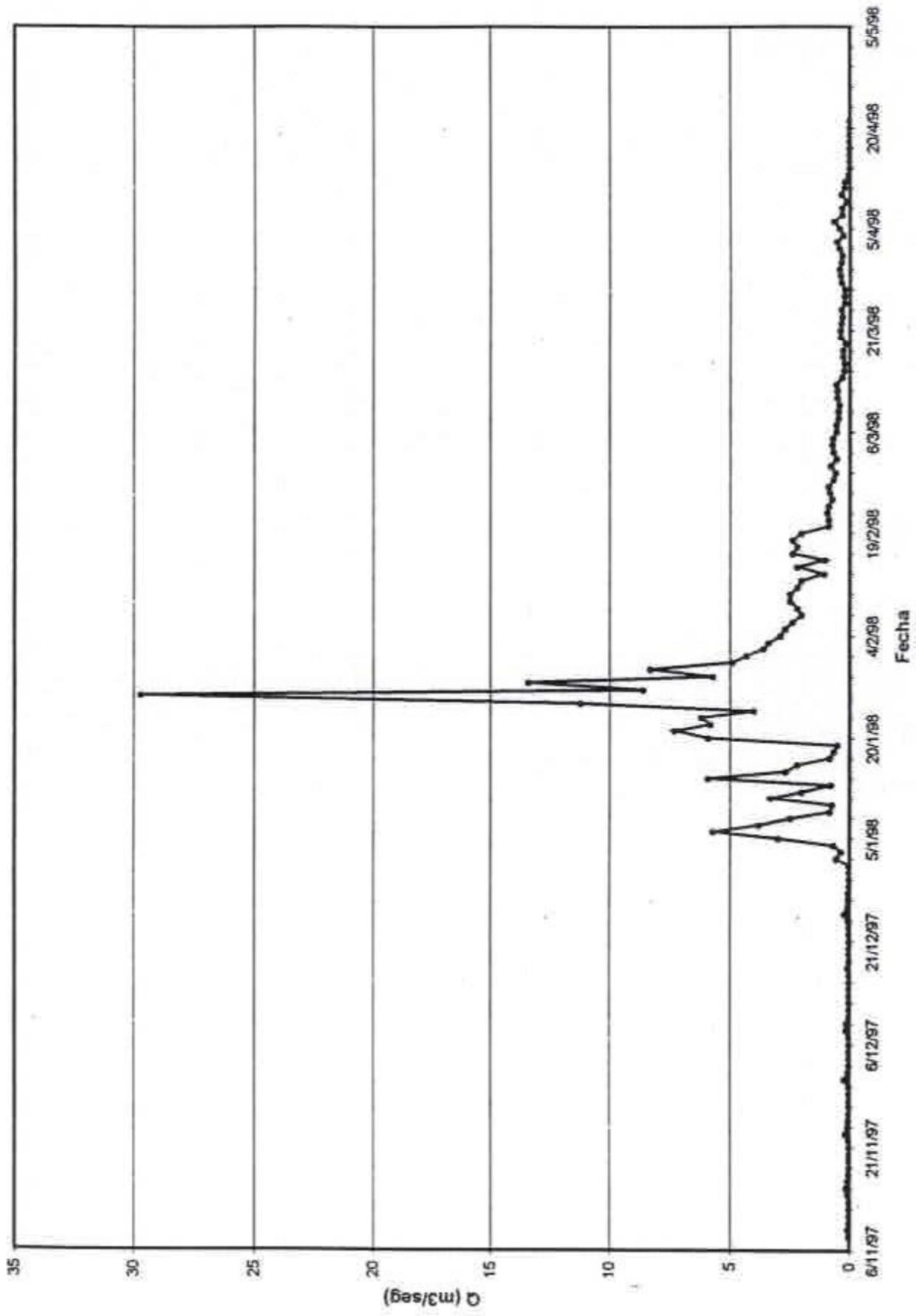


Figura 3.1.4-4. Caudales Diarios  
Río Lluta en Panamericana



## 3.2 Medición de Niveles de Aguas Subterráneas

### 3.2.1 Puntos de Medición

Las mediciones de nivel de aguas subterráneas se realizaron en los once sondajes de ESSAT en el valle, todos los cuales tienen solicitudes de derechos de agua en trámite, y adicionalmente en sondajes de estudio ubicados aguas arriba y aguas abajo del sector en que se encuentran los pozos de ESSAT. Los pozos de ESSAT corresponden, desde aguas abajo hacia aguas arriba, a los denominados P3, P5, P10, P13, P1-A, P18-A, P16, P20, P23, P26 y PA-5.

Los pozos de observación de aguas abajo, por su parte, corresponden al pozo 388, perteneciente a Gendarmería, seleccionado por ubicarse en el extremo de aguas debajo de la zona de estudio, justo al Oriente de la ruta 5 Norte, que se encuentra en uso intermitente pero con caudales muy bajos, y los pozos de estudio JA y JB, pertenecientes a la Dirección General de Aguas, ubicados aguas arriba del sondaje P5 y cerca del pozo 388, respectivamente.

En el caso de los pozos de observación de aguas arriba, ellos corresponden a los denominados Piezómetros 1 y 2, perforados especialmente para el presente estudio, ubicados al costado del cruce de ferrocarril sobre el río Lluta, y aguas arriba de Poconchile, respectivamente. En el Cuadro 3.2.1-1, se presentan las principales características de los pozos, tales como coordenadas UTM, cota de terreno, profundidad, diámetro y ubicación de los ranurados.

En la Figura 2.1-1 muestra la ubicación de los sondajes en el área de estudio.

### 3.2.2 Mediciones realizadas en sondajes

Con el objeto de contar con completa información de niveles de aguas subterráneas durante la ejecución de la Prueba de Larga Duración, se realizaron mediciones diarias en los pozos de observación, y con mayor frecuencia en los sondajes de ESSAT, dependiendo de la etapa de la prueba. En los sondajes de ESSAT se midió profundidades estáticas o dinámicas de agua subterránea, con pozómetro y mediante lecturas en el sensor electrónico, caudales en el sensor de flujo, y número de horas de funcionamiento acumuladas en los horómetros, mientras en los pozos de observación se registró solamente la profundidad del agua subterránea.

En el caso de las mediciones de profundidad del agua subterránea, en algunos casos no fue posible realizar la medida con pozómetro y con lectura del

**Cuadro 3.2.1-1. Principales Características de los Pozos**

Pozo	Coordenadas UTM		Cota Terreno	Profundidad		Diámetro Entubación	Ranurados (m)
	Norte	Este		Perforada (m)	Habilitada (m)		
C 388	7.965.929	363.196	62,00	395	301	10"	58-03-101-96 60-60-1-102-1-144-17 48-51-93-118-127-145
JA	7.964.248	370.202	178,03	150		8 5/8"	
JB	7.965.679	364.204	73,77	200		8 5/8"	
P3	7.964.810	368.340	140,14	152,0	150,0	12"	
P5	7.964.260	369.970	169,20	149,0	120,0	12"	
P10	7.964.100	371.950	196,96	132,0	115,0	12"	57-08-108-115
P1-A	7.963.980	373.440	219,42	150,0	144,0	14"-12"	33-04-105-108
P13	7.964.150	373.400	222,22	138,0	138,0	12"	42-108-125-138
P18-A	7.964.190	374.090	233,08	152,0	130,0	12"	62-71-92-134
P16	7.964.250	374.860	247,14	150,0	130,0	12"	34-91-101-123
P20	7.964.310	376.700	284,32	142,0	130,0	12"	62-45-125-117
P23	7.964.420	378.100	309,82	150,0	130,0	12"	45-04-106-125
P26	7.964.460	379.000	326,07	120,0	120,0	12"	41-08-118-122
PA5	7.963.610	383.490	417,14	140,0	130,0	12"	38-01-92-95-110-107
Piezómetro 1	7.962.842	389.574	643,00	60,0	60,0	8"	30-65-118-121
Piezómetro 2	7.960.524	388.203	537,00	60,0	60,0	8"	17-29-39-57 7-13-20-38

Nota: Las cotas de los sondajes se obtuvieron de nivelaciones topográficas, excepto los piezómetros 1 y 2 (determinado con GPS), y el pozo C.388 (interpolado con carta 1:50.000).

sensor de nivel simultáneamente, por lo que los valores leídos debieron transformarse para obtener la cota del nivel de aguas. En la Figura 3.2.2-1, se presenta un esquema de la forma de medición con pozómetro y con el sensor electrónico de nivel.

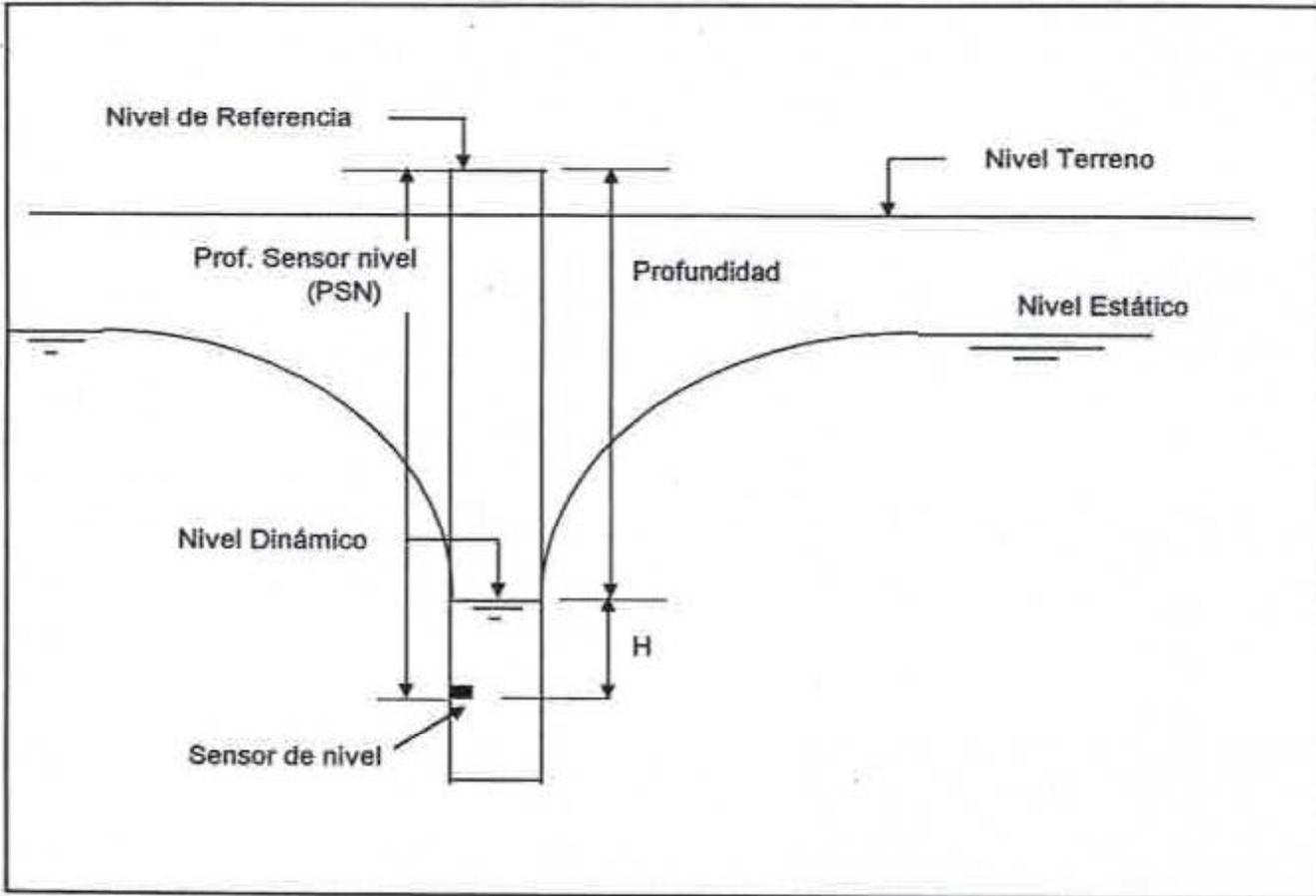
Durante la medición de la línea base inicial, se realizaron tres mediciones diarias en los pozos de ESSAT y una medición diaria en los de estudio en el período comprendido entre el 8 y el 30 de noviembre de 1997; desde esa fecha hasta el inicio de la prueba de bombeo, la frecuencia de medición fue de dos veces al día. En este caso, aún cuando las variaciones diarias de nivel en los pozos de ESSAT no eran significativas, la frecuencia de las lecturas permitió detectar errores puntuales de medición, así como verificar la continuidad de la operación de los sondajes en operación, dado que en la zona son frecuentes las interrupciones del suministro de energía eléctrica, que ocasionaban la detención de los pozos.

A partir del 16 de diciembre de 1997, en que se puso en operación los sondajes de ESSAT detenidos, la frecuencia de medición de dichos pozos se incrementó a 10 mediciones diarias, las que en los días posteriores se disminuyeron a 7 a partir del 20 de diciembre, y manteniéndose en tres mediciones diarias desde el 21 de diciembre en adelante.

La frecuencia de tres mediciones se mantuvo hasta el 31 de marzo de 1998, ocasión en que debido al alto grado de estabilización de los niveles la frecuencia de medición se disminuyó a dos diarias. Finalmente, durante la etapa de recuperación de niveles, se realizaron 12 mediciones el día 9 de abril, 4 mediciones el 10 de abril, y nuevamente tres mediciones diarias hasta el término de la prueba.

Respecto al período de mediciones, en la generalidad de los casos se realizó mediciones desde el 8 de noviembre de 1997 hasta el 22 de abril de 1998, con algunas excepciones: En el caso de los pozos de observación JA y JB, las mediciones diarias comenzaron a efectuarse a partir del día 21 de noviembre de 1997, una vez conseguida la autorización de la Dirección General de Aguas; en el pozo P5, se interrumpió la medición del nivel estático entre el 1 de diciembre de 1997 y el 1 de enero de 1998, debido a que por trabajos de instalación de la bomba no era posible introducir el cable del pozómetro; en el pozo P13, las mediciones se interrumpieron entre el 21 de enero y el 1 de febrero de 1998, y entre el 9 de febrero y el 23 de febrero del mismo año, debido a trabajos de redesarrollo del pozo e instalación de la bomba sumergida; finalmente, los piezómetros 1 y 2 comenzaron a ser medidos una vez terminada su construcción, el 20 de diciembre de 1997 y el 1 de febrero de 1998, respectivamente. De acuerdo a la información anterior, el total de mediciones en sondajes durante la prueba fue de 5.956.

Figura 3.2.2-1. Esquema de Medición de Niveles en Sondajes



### 3.2.3 Registro de Mediciones

#### 3.2.3.1 Caudales de descarga

Tal como se describió en el Capítulo 2, los sondajes de ESSAT se encuentran dotados de un medidor electrónico de caudal, excepto el pozo P13, en que se instaló un aforador de molinete. Como verificación de la correcta operación de dichos sensores, se realizó varios aforos en la cañería colectora de las aguas impulsadas, justo antes de la descarga de parte de las aguas al río Lluta, en el puente Chacalluta, detectándose mínimas diferencias entre el caudal aforado y la suma de los caudales indicados por el sensor de cada pozo. En el Cuadro 3.2.3.1-1 se muestran los caudales de cada pozo y el total extraído a partir del inicio de la prueba, seleccionando como representativos los valores del primer día de cada semana.

#### 3.2.3.2 Niveles Medidos

La información completa de las mediciones realizadas en los pozos durante la prueba, se presenta en el Anexo C, incluyendo la información de los niveles medidos.

Como resumen, en las Figuras 3.2.3.2-1 a 3.2.3.2-16 se muestran los niveles de aguas subterráneas en cada sondaje, referidos al nivel medio del mar, para el período completo estudiado. En dichos gráficos, los valores adoptados para cada día corresponden al promedio de las mediciones diarias realizadas, excepto en el caso de producirse detenciones de los bombeos, caso en el cual se gráfico tanto los niveles estáticos como dinámicos medidos.

### 3.3 Medición de Caudales en Canales

#### 3.3.1 Puntos de Medición

Tal como se señaló en el Capítulo 2, el sistema de riego superficial en el valle del río Lluta está conformado por gran número de captaciones independientes destinadas al riego de comunidades de riego o predios particulares independientes.

De entre dichos puntos de medición, se aforó todos los canales cuyas bocatomas se ubican en el tramo entre Chapisca y la carretera Panamericana, y que se encontraban en operación durante la prueba. Ellos corresponden a 30 canales distribuidos a lo largo del valle, ubicándose sus bocatomas en los lugares indicados

Cuadro 3.2.3.1-1. Caudales Extraídos durante la Prueba de Bombeo (l/s)

Pozo	15/Dic/97	22/Dic/97	29/Dic/97	5/Ene/98	12/Ene/98	19/Ene/98	26/Ene/98	2/Feb/98	9/Feb/98
P1A	117,3	111,9	108,0	107,3	105,3	103,5	102,0	102,0	100,2
P3	17,5	17,2	17,8	17,7	17,5	17,3	17,1	17,2	16,9
P5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6	21,0	21,0
PA5	14,7	0,0	26,5	25,5	25,4	24,6	23,4	24,4	23,0
P10	27,2	0,0	24,9	25,0	24,9	24,7	24,4	24,2	24,6
P13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P16		32,4	31,8	31,6	30,9	30,4	29,9	29,3	28,6
P18A	86,7	84,9	83,6	83,0	81,7	81,0	79,4	78,8	77,6
P20	14,6	14,6	14,6	14,5	14,3	14,3	14,1	14,1	14,2
P23	0,0	31,7	32,1	33,0	32,3	29,3	27,9	27,7	27,7
P26	0,0	0,0	41,5	40,1	39,3	39,4	38,2	37,9	37,4
Total (l/s)	278,0	292,7	380,7	377,7	371,6	364,5	379,0	376,6	371,2

Pozo	16/Feb/98	23/Feb/98	2/Mar/98	9/Mar/98	16/Mar/98	23/Mar/98	30/Mar/98	6/Abr/98
P1A	99,8	98,1	97,4	87,6	88,4	85,8	79,7	78,5
P3	17,3	17,1	17,1	17,0	16,7	17,1	17,2	17,3
P5	21,2	21,0	21,2	25,6	24,8	24,8	24,8	24,7
PA5	23,8	25,5	24,2	24,7	24,4	24,6	24,7	25,7
P10	23,6	23,4	23,7	23,6	23,6	22,7	24,3	22,7
P13	0,0	20,0	20,0	20,0	22,0	20,0	20,5	21,5
P16	28,4	28,7	28,2	27,8	27,5	27,5	28,3	27,6
P18A	77,3	76,3	75,1	74,8	75,0	74,6	74,3	74,9
P20	14,0	13,8	13,7	13,7	13,7	13,5	13,5	13,5
P23	26,8	26,4	28,1	25,4	26,2	25,1	25,1	27,5
P26	35,7	35,0	34,6	33,4	33,0	30,9	31,4	30,5
Total (l/s)	367,9	385,3	383,3	373,6	375,3	366,6	363,8	364,4

Figura 3.2.3.2-1. Niveles pozo C388

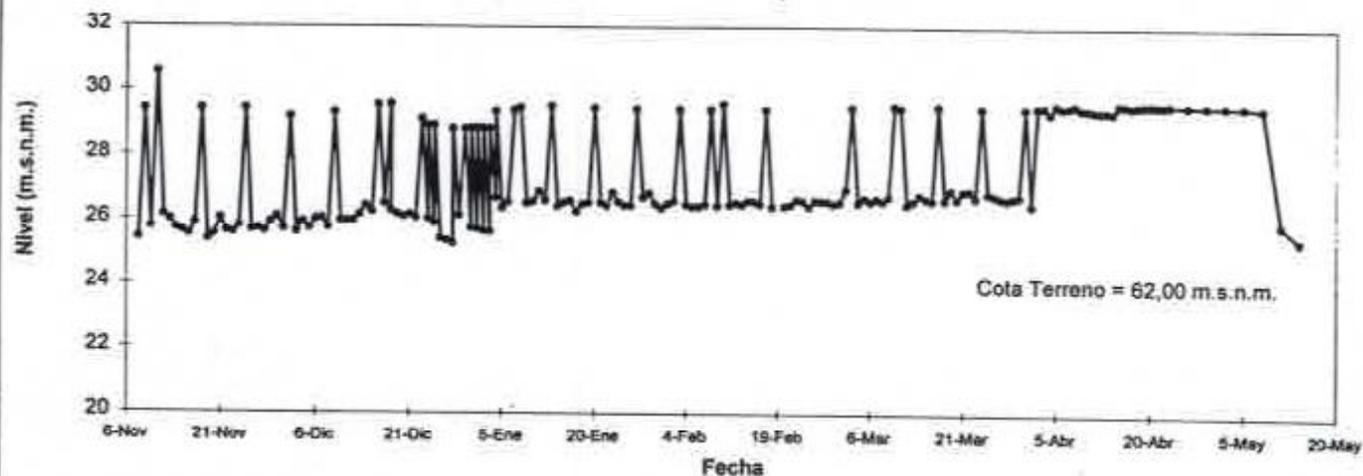


Figura 3.2.3.2-2. Niveles pozo JB

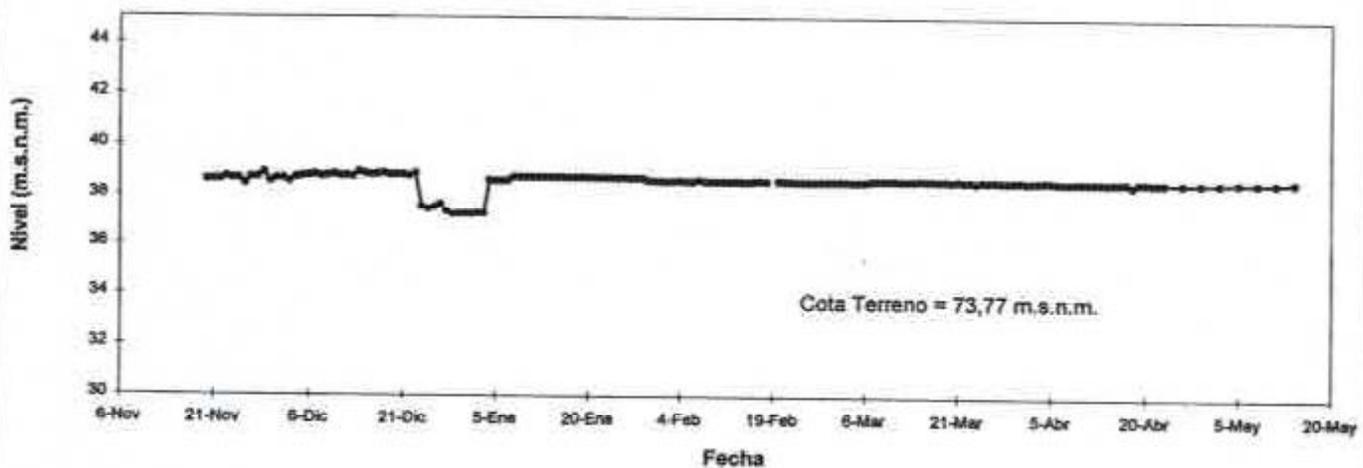


Figura 3.2.3.2-3. Niveles pozo P3

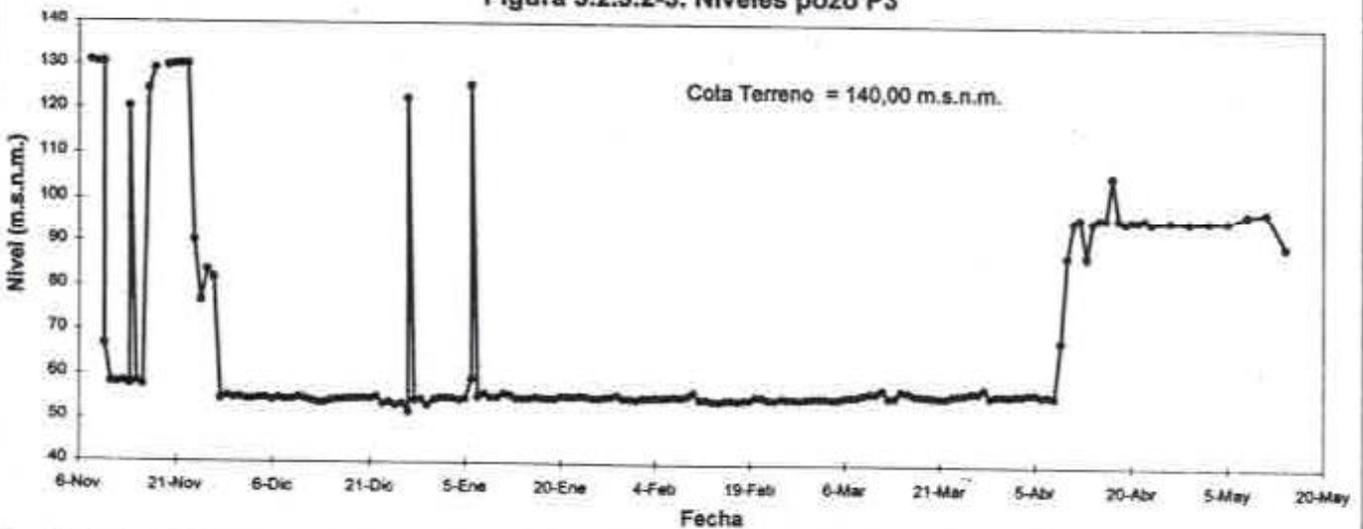


Figura 3.2.3.2-4. Niveles pozo P5

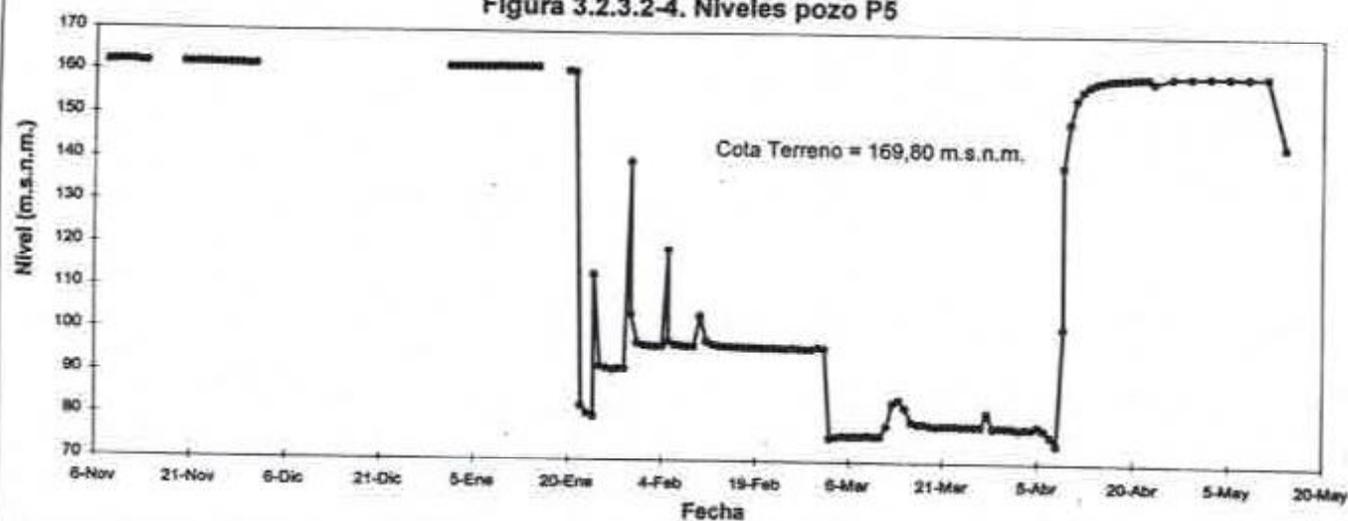


Figura 3.2.3.2-5. Niveles pozo JA

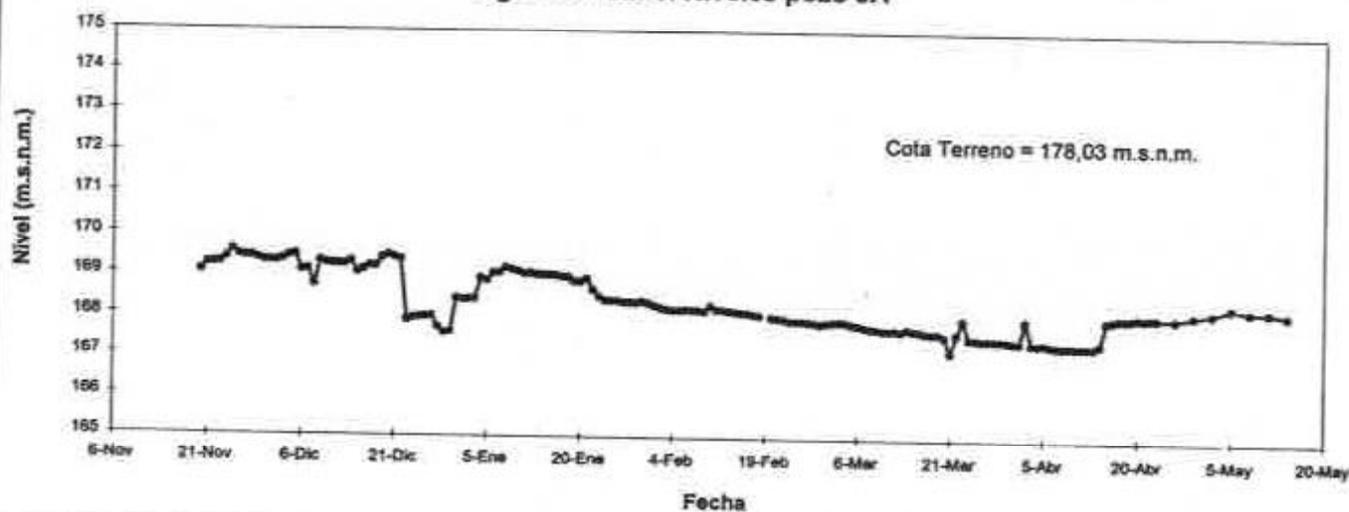


Figura 3.2.3.2-6. Niveles pozo P10

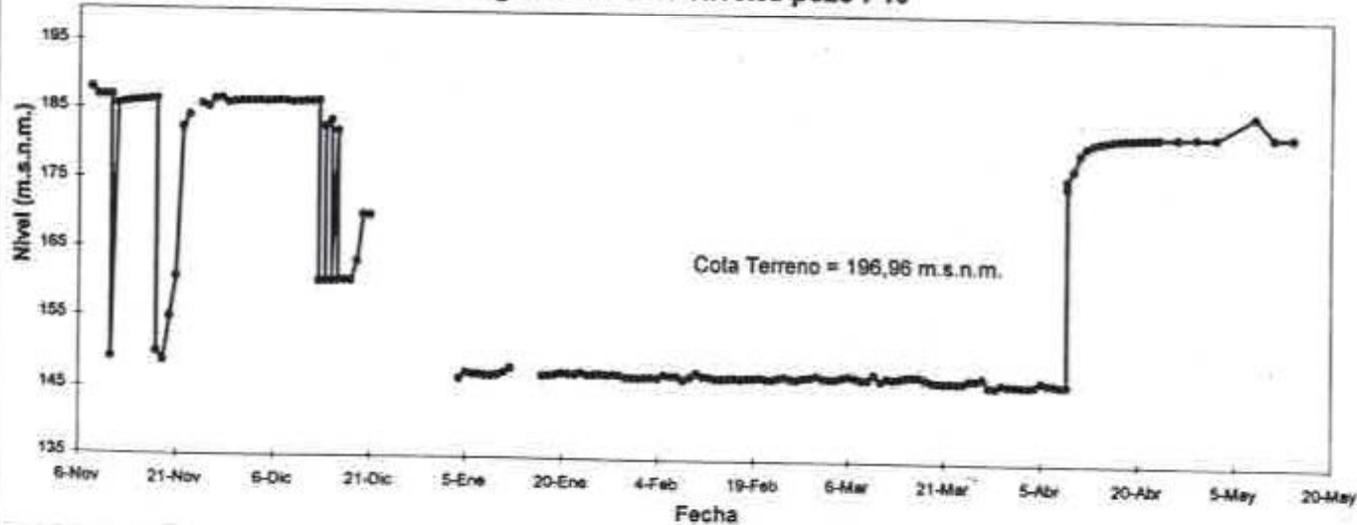


Figura 3.2.3.2-7. Niveles pozo P1A

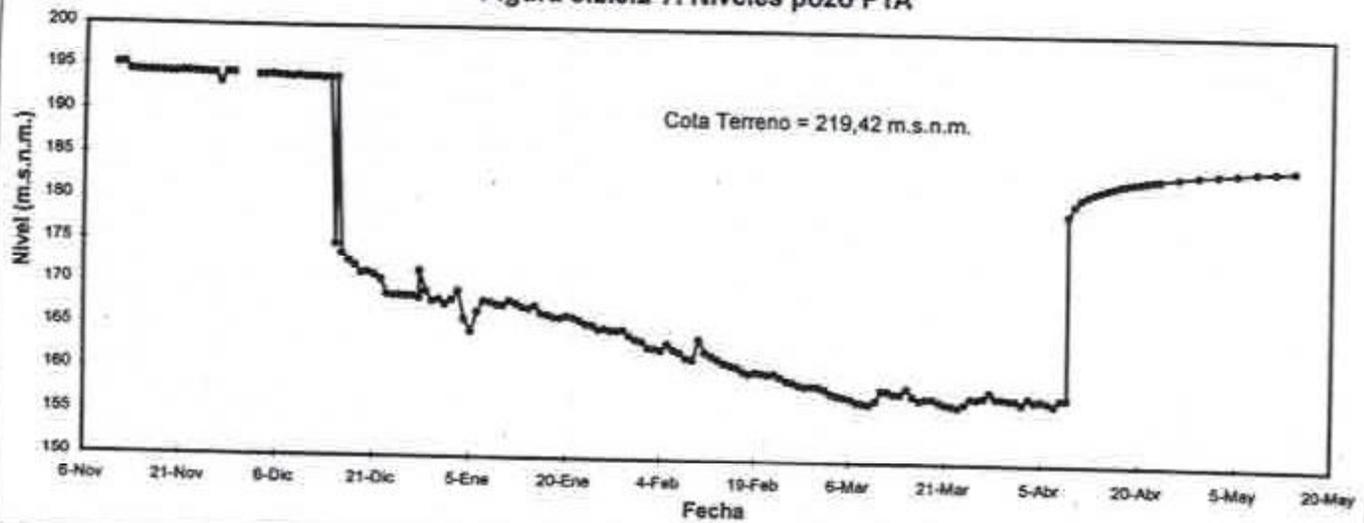


Figura 3.2.3.2-8. Niveles pozo 13

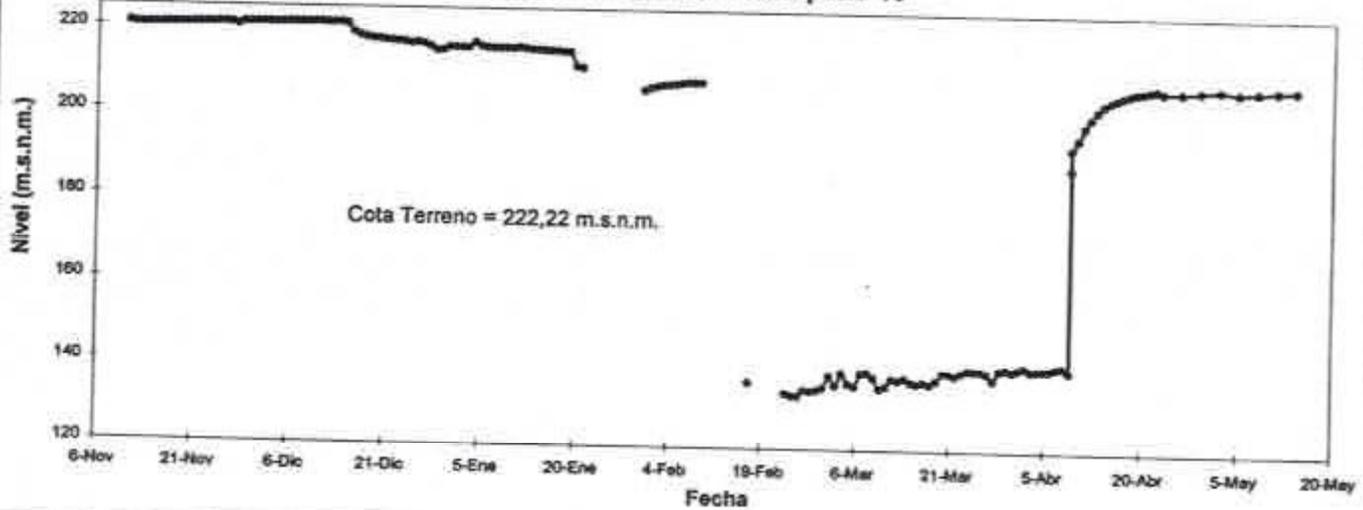


Figura 3.2.3.2-9. Niveles pozo P18A

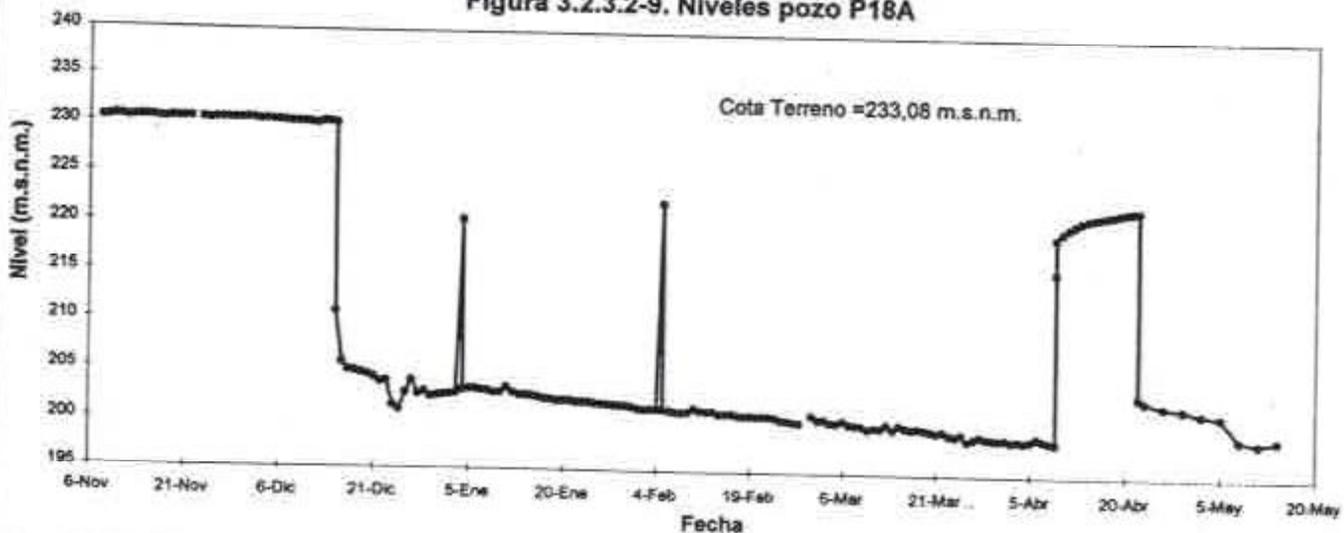


Figura 3.2.3.2-10. Niveles pozo P16

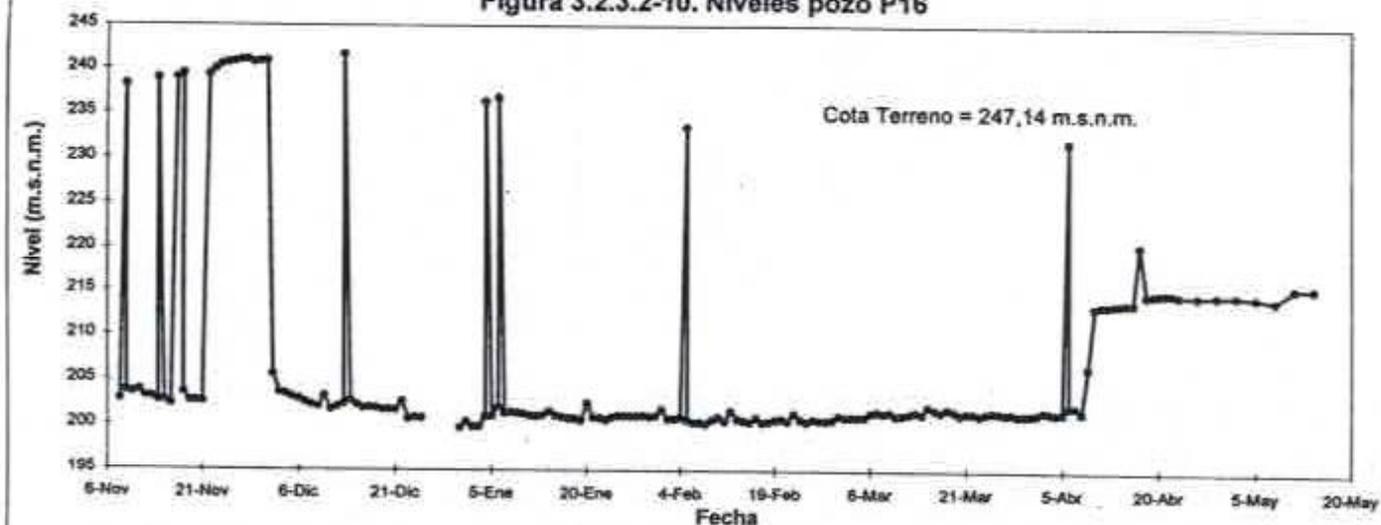


Figura 3.2.3.2-11. Niveles pozo P20

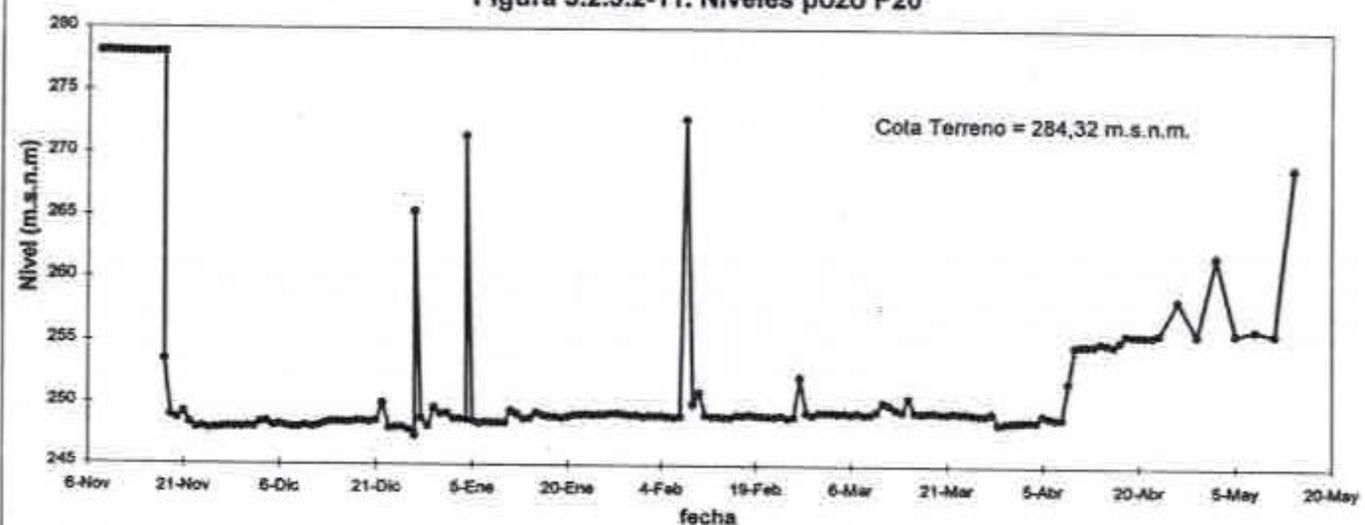


Figura 3.2.3.2-12. Niveles pozo P23

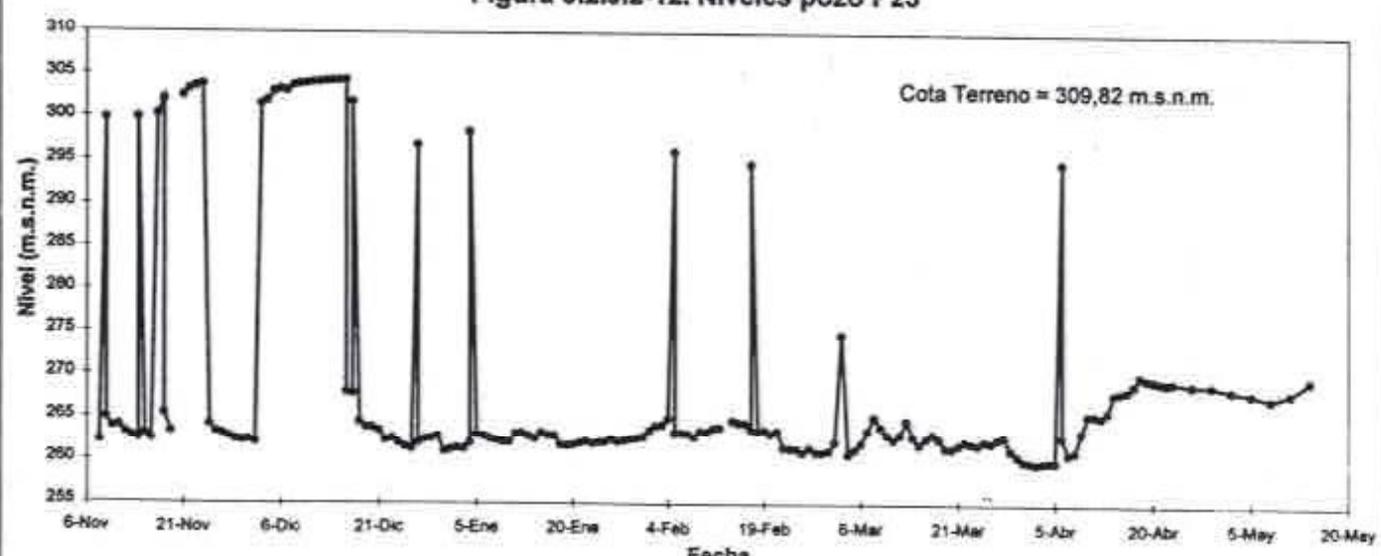


Figura 3.2.3.2-13. Nivel pozo P26

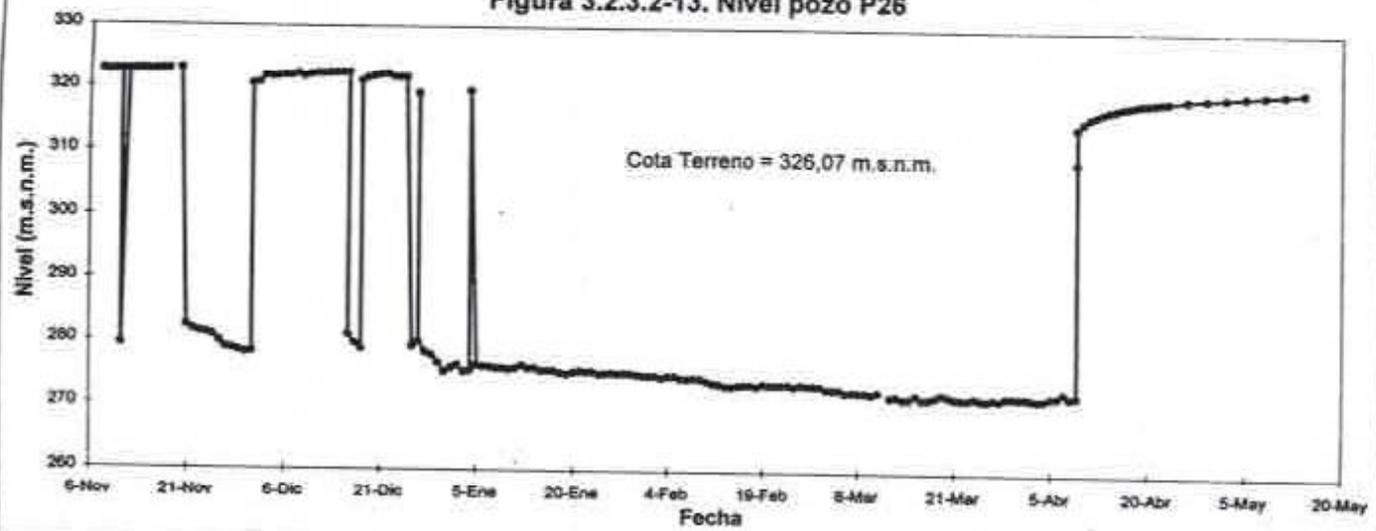


Figura 3.2.3.2-14. Nivel pozo PA5

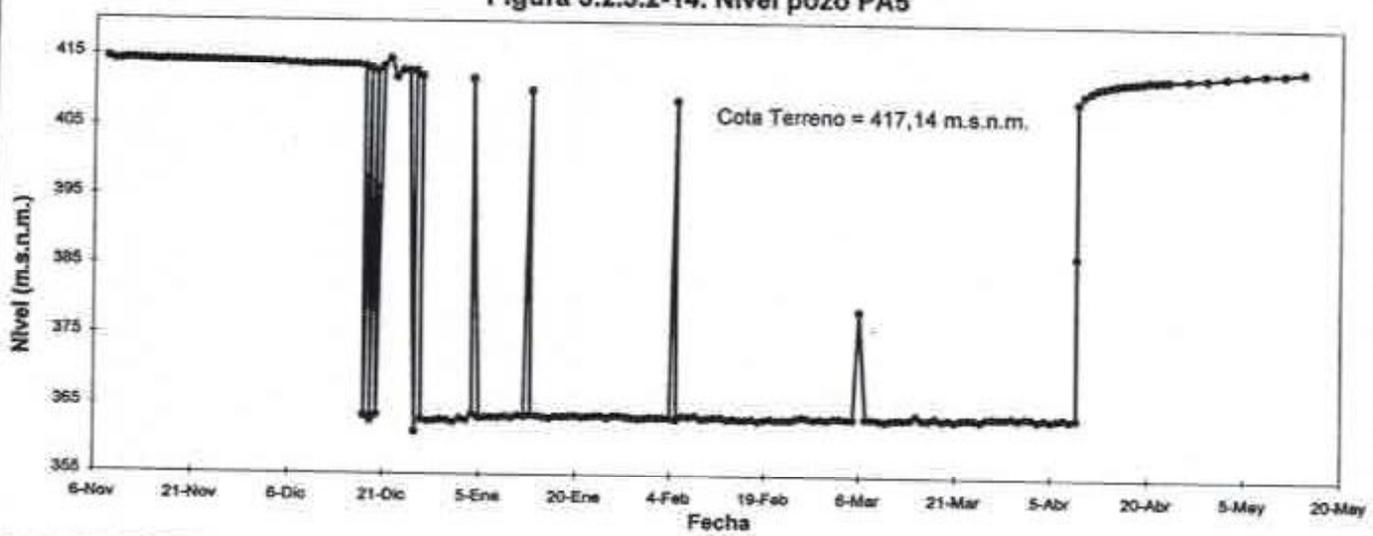


Figura 3.2.3.2-15. Niveles Piezómetro 2

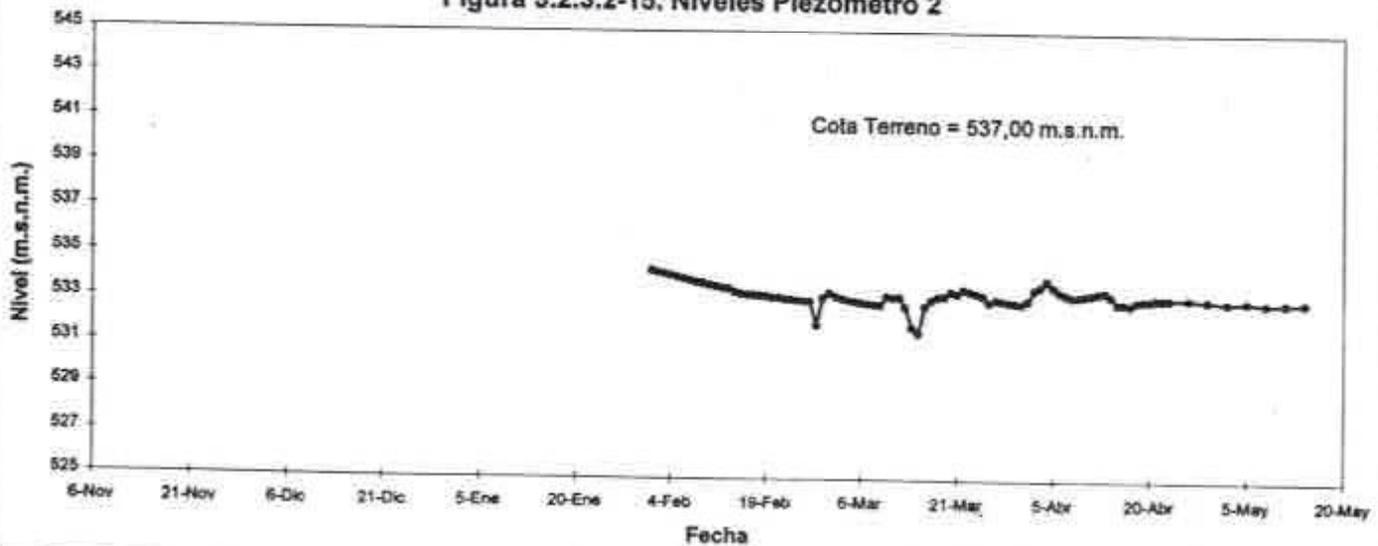
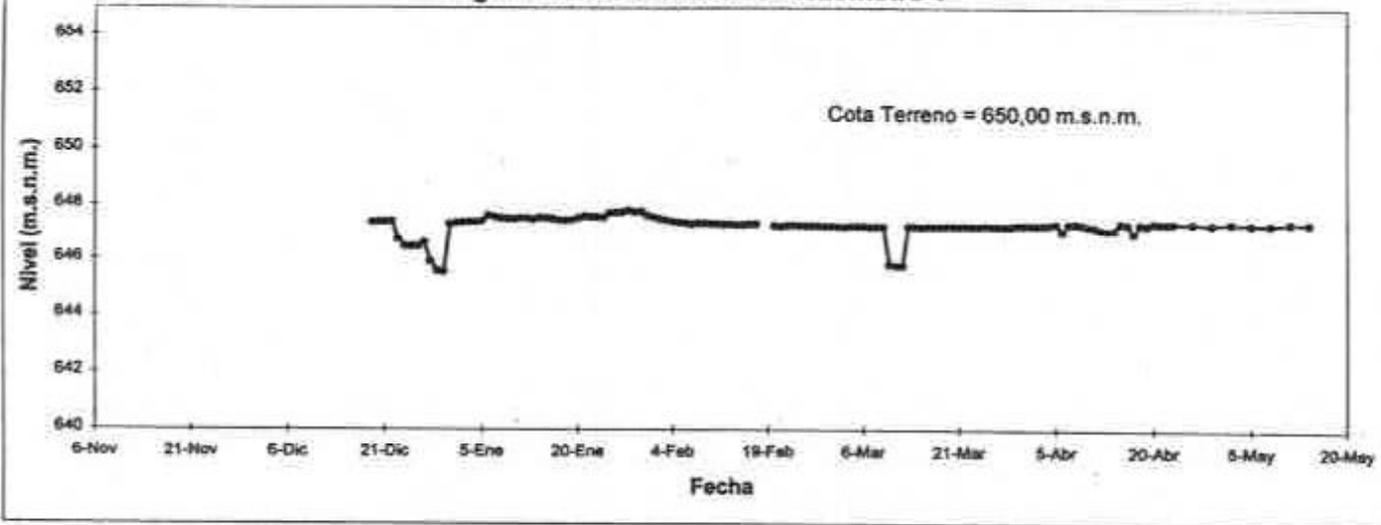


Figura 3.2.3.2-16. Niveles Piezómetro 1



en la Figura 2.1-1. En el Cuadro 3.3.1-1 se indican los canales aforados, indicándose además el sector de riego al cual pertenecen.

En cada uno de los canales indicados, se instaló una regla limnimétrica graduada en centímetros, ubicada en una sección del canal aguas debajo de la obra de devolución al río de las aguas, en una sección con características adecuadas como para realizar los aforos, tales como tratarse de un tramo recto, sin bruscos cambios de sección o pendiente de fondo, y de acceso relativamente expedito.

### 3.3.2 Mediciones realizadas en canales

A partir de la fecha de inicio de la Prueba, se realizó mediciones diarias de alturas limnimétricas en los canales indicados en la sección 3.3.1. Durante el período comprendido desde el inicio de la prueba hasta el término del riego en turnos, el 8 de enero de 1998, las mediciones se realizaron solamente a los canales ubicados en el sector en turno, excepto mediciones en todos los canales realizadas entre el 2 y 8 de enero, que tuvieron por objeto establecer los caudales de extracción de los canales fuera del horario de turnos. Así mismo, durante las primeras tres semanas de la Prueba, las mediciones de cada canal en turno se realizaron dos veces diarias, buscando establecer algún patrón de variación del caudal durante dicho período; como la información recopilada no mostró variaciones del tipo indicado, a contar de esa fecha se realizó una medición diaria de cada canal en turno.

A contar del 15 de enero de 1998, una vez terminado el régimen de turnos para riego del río Lluta, situación en la cual el río queda libre para extracciones desde todos los canales, se midió diariamente las alturas limnimétricas en todos los canales, modalidad que se extendió hasta el término de la Prueba, el 22 de abril de 1998.

Adicionalmente a las mediciones limnimétricas indicadas, en cada canal se realizó aforos para diferentes alturas limnimétricas, con el objeto de construir una curva de descarga que permitiera interpolar el caudal correspondiente a una altura limnimétrica dada, utilizándose como criterio, al igual que en el caso del río Lluta, la realización de un aforo cada vez que la variación de nivel en el canal respecto de las mediciones anteriores superara los 3 a 4 cm. Debido a que durante el período de desarrollo de la prueba los canales fueron afectados por diferentes eventos que influyeron en su capacidad de conducción o en la validez de las curvas de aforo, tales como embanques, actividades de limpieza o remoción de las reglas limnimétricas, las curvas anteriores se redefinieron varias veces para cada canal, considerándose rangos de fechas dentro de las cuales las curvas se consideraron válidas, hasta cubrir todo el período de estudio.

**Cuadro 3.3.1-1**  
**Canales aforados según sector de riego**

<b>Canal</b>	<b>Sector</b>
Molinos	Sector I
Boca Negra	Sector I
El Tambo	Sector I
Almonte	Sector I
Quispe	Sector I
Chatiapo	Sector I
Santa Inés	Sector II
Vilca Loredo	Sector II
Loredo	Sector II
Vilca Chang	Sector II
Ramos	Sector II
Santa Raquel	Sector II
Aguataya	Sector II
La Isla	Sector III
Puro Chile	Sector III
Linderos	Sector III
Poconchile	Sector III
Barranco Santa Rosa	Sector III
Mayorga	Sector III
La Palma 1	Sector III
La Palma 2	Sector III
Visconti	Sector III
Arellano Beyzán	Sector IV A
Cora Beyzán	Sector IV A
El Muro	Sector IV A
Chacabuco	Sector IV A
Sascapa	Sector IV B
Bravo 2	Sector IV B
Bravo 1	Sector IV B
Valle Hermoso	Sector V
Aica González	Sector V

### 3.3.3 Registro de Mediciones

Como se indicó anteriormente, las mediciones de alturas limnimétricas en canales se realizaron entre el 8 de noviembre de 1997 y el 22 de abril de 1998. Durante el período indicado, se realizaron 3.565 mediciones de altura limnimétrica en canales y 191 aforos.

En los registros de alturas limnimétricas, se registró los valores agrupando los canales de cada sector de riego, e indicando para cada medición, además de la fecha, la hora de registro, la altura limnimétrica correspondiente y comentarios relevantes respecto a cambios producidos en la sección de control. En el caso de los aforos, se completó el registro habitual, que contiene la altura limnimétrica, y varias líneas con registro de la abscisa en el perfil transversal, la altura total de agua, la altura de medición de la velocidad, el número de vueltas del molinete y los segundos durante los que se midió el número de vueltas anterior. Dicha planilla fue calculada posteriormente, obteniéndose el caudal correspondiente. Los registros diarios de las alturas limnimétricas se presentan en el Anexo D, y los registros de aforos en el Anexo E.

En los Cuadros 3.3.3-1 a 3.3.3-6, se presentan los valores de caudales y alturas limnimétricas para cada canal, agrupados por sector de riego. En dichos Cuadros, en los casos en que se realizó más de una medición diaria, se presentan los valores promedio de dichas mediciones.

### 3.4 Mediciones en Drenes

Durante la etapa de reconocimiento de terreno previo a la prueba, se determinó la existencia de una red de drenes en la zona de estudio, especialmente en el sector desde la toma del canal Chacabuco hacia aguas abajo, no considerándose hacer mediciones en ellos ya que se encontraban secos.

Durante el transcurso de la prueba, y a solicitud de la Dirección General de Aguas, se realizó mediciones en dos drenes. Uno de ellos, cuya descarga a un pequeño canal se encuentra ubicada inmediatamente al sur del pozo P13, permaneció seco durante todo el período de medición y hasta el 13 de mayo, en que se suspendió la medición, es decir, alrededor de 40 días después de suspenderse el bombeo.

En el segundo dren, ubicado unos mil metros directamente al sur del pozo P3, se instaló un vertedero de medición, aforándose en el período caudales entre menos de 1 lt/seg y 5 lt/seg. Los valores medidos se presentan en el Cuadro 3.4-1.

Cuadro 3.3.3-1. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 1

Fecha	Almonte		Boca Negra		Chatiapo		El Tambo		Molinos		Quispe	
	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)
13/Nov/97	0,37	0,003	0,62	0,223	0,45	0,019	0,45	0,188	0,51	0,426	0,12	0,004
14/Nov/97	0,37	0,005	0,44	0,015	0,47	0,041	0,25	0,016	0,27	0,062	0,12	0,004
21/Nov/97	0,38	0,019	0,60	0,189	0,45	0,023	0,39	0,139	0,54	0,604	seco	
22/Nov/97	0,36	0,004	0,44	0,017	0,48	0,050	0,25	0,016	0,40	0,080		
23/Nov/97	0,35	0,003	0,62	0,230			0,24	0,004	0,41	0,171		
28/Nov/97	0,50	0,270	0,45	0,020	0,45	0,023	0,39	0,143	0,54	0,569		
29/Nov/97	Seco		0,61	0,203	0,47	0,028	0,45	0,184	0,55	0,655	0,11	0,005
2-Dic-97	Seco	0,000	0,43	0,013	0,45	0,020	0,25	0,016	0,43	0,204		
3/Dic/97	0,34	0,002	0,53	0,065	0,45	0,023	0,27	0,032	0,42	0,195		
4/Dic/97	0,35	0,003	0,54	0,075	0,47	0,039	0,24	0,004	0,43	0,213	Seco	
5/Dic/97	0,44	0,052	0,44	0,017	0,46	0,030	0,33	0,091	0,43	0,204		
6/Dic/97	0,45	0,090	0,50	0,055	0,47	0,032	0,35	0,097	0,49	0,391	Seco	
7/Dic/97	0,36	0,004	0,56	0,126	0,47	0,039	0,43	0,171	0,57	0,770		
8/Dic/97	0,48	0,159	0,43	0,014	0,48	0,044	0,25	0,016	0,42	0,195		
9/Dic/97	0,37	0,005	0,43	0,014	0,48	0,050	0,25	0,016	0,42	0,195		
14/Dic/97	0,37	0,005	0,56	0,107	0,46	0,030	0,43	0,171	0,56	0,680		
15/Dic/97	0,44	0,059	0,62	0,220	0,44	0,018	0,44	0,177	0,55	0,596		
16/Dic/97	0,36	0,004	0,45	0,020	0,43	0,014	0,25	0,016	0,40	0,163		
23-Dic-97	0,48	0,099	0,65	0,311	0,48	0,044	0,47	0,193	0,57	0,744		
30-Dic-97	0,40	0,015	0,60	0,180	0,46	0,030	0,48	0,202	0,57	0,744		
7/Ene/98	Seco	0,000	Seco	0,000	Seco	0,000	0,40	0,150	0,48	0,333		
8/Ene/98	Seco	0,000	0,49	0,039	Seco	0,000	0,41	0,157	0,50	0,398		
9/Ene/98			0,48	0,033	Seco	0,000			0,51	0,435		
14/Ene/98			0,71	0,642					0,48	0,333		
15/Ene/98	Seco	0,000	0,49	0,039	Seco	0,000	0,28	0,048	0,42	0,195		
16/Ene/98	Seco	0,000	0,58	0,139	Seco	0,000	0,30	0,068	0,50	0,398		
17/Ene/98	seco	0,000	0,60	0,180	seco	0,000	0,30	0,068	0,49	0,389		
18/Ene/98	seco	0,000	0,60	0,180	seco	0,000	0,36	0,120	0,48	0,371		
19/Ene/98	seco	0,000	0,62	0,230	seco	0,000	0,40	0,150	0,49	0,389		
20/Ene/98	seco	0,000	0,51	0,053		0,000	0,38	0,135	0,51	0,426		
21/Ene/98	seco	0,000	0,48	0,033		0,000	0,29	0,058	0,37	0,030		
22/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	0,47	0,353		
23/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000		
24/Ene/98	seco	0,000	0,64	0,293		0,000	0,18	0,002	0,36	0,020		
25/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	0,37	0,030		
26/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	0,40	0,224		
27/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000		
28/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000		
29/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000		
30/Ene/98	seco	0,000	0,83	0,090	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000		
31/Ene/98	seco	0,000	0,77	0,079	seco	0,000	seco	0,000	0,50	0,408		
1/Feb/98	seco	0,000	0,60	0,048	seco	0,000	seco	0,000	0,48	0,371		
2/Feb/98	seco	0,000	0,60	0,048	seco	0,000	seco	0,000	0,47	0,353		
3/Feb/98	seco	0,000	0,70	0,066	seco	0,000	0,42	0,162	0,46	0,334		
4/Feb/98	seco	0,000	0,66	0,059	seco	0,000	0,53	0,195	0,48	0,371		
5/Feb/98	seco	0,000	0,52	0,033	seco	0,000	0,42	0,153	0,48	0,371		
6/Feb/98	seco	0,000	0,59	0,046	seco	0,000	0,40	0,127	0,47	0,353		
7/Feb/98	seco	0,000	0,57	0,042	seco	0,000	0,33	0,048	0,46	0,334		
8/Feb/98	seco	0,000	0,56	0,040	seco	0,000	0,33	0,048	0,46	0,334		
9/Feb/98	seco	0,000	0,64	0,055	seco	0,000	0,35	0,064	0,46	0,334		
10/Feb/98	seco	0,000	0,63	0,053	seco	0,000	0,34	0,055	0,46	0,334		

Cuadro 3.3.3-1. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 1  
(Continuación)

Fecha	Almonte		Boca Negra		Chatiapo		El Tambo		Molinos	
	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)
11/Feb/98	seco	0,000	0,57	0,042	seco	0,000	0,34	0,055	0,42	0,261
12/Feb/98	seco	0,000	0,53	0,035	seco	0,000	0,31	0,035	0,47	0,353
13/Feb/98	seco	0,000	0,54	0,037	seco	0,000	0,30	0,029	0,46	0,334
14/Feb/98	seco	0,000	0,60	0,048	seco	0,000	0,38	0,098	0,46	0,334
15/Feb/98	seco	0,000	0,61	0,050	seco	0,000	0,39	0,111	0,49	0,389
16/Feb/98	seco	0,000	0,63	0,053	seco	0,000	0,39	0,111	0,50	0,408
17/Feb/98	seco	0,000	0,47	0,024	seco	0,000	0,38	0,098	0,43	0,279
18/Feb/98	seco	0,000	0,52	0,033	seco	0,000	0,19	0,003	0,44	0,298
19/Feb/98	seco	0,000	0,65	0,057	seco	0,000	0,37	0,085	0,43	0,279
20/Feb/98	seco	0,000	0,54	0,037	seco	0,000	0,35	0,064	0,43	0,279
21/Feb/98	seco	0,000	0,58	0,044	seco	0,000	0,36	0,074	0,44	0,298
22/Feb/98	seco	0,000	0,55	0,038	0,59		0,36	0,074	0,43	0,279
23/Feb/98	seco	0,000	0,56	0,039	0,59		0,34	0,055	0,43	0,279
24/Feb/98	seco	0,000	0,57	0,042	0,60		0,28	0,021	0,42	0,261
25/Feb/98	seco	0,000	0,54	0,036	0,60		0,29	0,025	0,42	0,252
26/Feb/98	seco	0,000	0,50	0,029	seco	0,000	0,36	0,074	0,45	0,316
27/Feb/98	seco	0,000	0,54	0,037	seco	0,000	0,22	0,006	0,37	0,169
28/Feb/98	seco	0,000	0,53	0,035	seco	0,000	0,23	0,008	0,39	0,206
1/Mar/98	seco	0,000	0,49	0,027	seco	0,000	0,37	0,085	0,45	0,316
2/Mar/98	seco	0,000	0,48	0,026	seco	0,000	0,37	0,085	0,43	0,279
3/Mar/98	seco	0,000	0,59	0,046	seco	0,000	0,35	0,064	0,41	0,242
4/Mar/98	seco	0,000	0,60	0,048	seco	0,000	0,36	0,074	0,42	0,261
5/Mar/98	seco	0,000	0,58	0,044	seco	0,000	0,46	0,257	0,41	0,242
6/Mar/98	seco	0,000	0,58	0,043	seco	0,000	0,46	0,257	0,43	0,279
7/Mar/98	seco	0,000	0,59	0,046	seco	0,000	0,25	0,012	0,40	0,224
8/Mar/98	seco	0,000	0,60	0,048	seco	0,000	0,26	0,014	0,41	0,242
9/Mar/98	seco	0,000	0,71	0,068	0,70	0,030	0,26	0,014	0,41	0,242
10/Mar/98	seco	0,000	0,71	0,067	0,70	0,030	0,29	0,025	0,43	0,279
11/Mar/98	seco	0,000	0,71	0,067	0,70	0,030	0,29	0,025	0,34	0,114
12/Mar/98	seco	0,000	0,63	0,053	0,70	0,030	0,46	0,180	0,31	0,049
13/Mar/98	seco	0,000	0,70	0,066	0,69	0,025	0,44	0,160	0,30	0,040
14/Mar/98	seco	0,000	0,68	0,062	0,67	0,019	0,44	0,194	0,39	0,196
15/Mar/98	seco	0,000	0,71	0,068	0,69	0,025	0,43	0,183	0,33	0,095
16/Mar/98	seco	0,000	0,69	0,064	0,70	0,030	0,43	0,183	0,31	0,059
17/Mar/98	seco	0,000	0,61	0,049	0,68	0,019	0,36	0,074	0,40	0,224
18/Mar/98	seco	0,000	0,72	0,070	0,66	0,001	0,37	0,085	0,39	0,206
19/Mar/98	seco	0,000	0,73	0,071	seco	0,000	0,24	0,009	0,40	0,224
20/Mar/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	0,23	0,008	0,31	0,114
21/Mar/98	seco	0,000	0,63	0,052	0,68	0,019	0,40	0,127	0,38	0,242
22/Mar/98	seco	0,000	0,76	0,077	0,67	0,019	0,38	0,098	0,38	0,242
23/Mar/98	seco	0,000	0,78	0,081	0,69	0,025	0,36	0,074	0,39	0,261
24/Mar/98	seco	0,000	0,78	0,081	0,68	0,019	0,36	0,074	0,41	0,298
25/Mar/98	seco	0,000	0,82	0,087	0,68	0,022	0,28	0,021	0,40	0,279
26/Mar/98	seco	0,000	0,91	0,105	0,67	0,019	0,27	0,017	0,39	0,261
27/Mar/98	seco	0,000	0,84	0,092	seco	0,000	0,42	0,162	0,39	0,261
28/Mar/98	seco	0,000	0,86	0,095	seco	0,000	0,28	0,021	0,39	0,261
29/Mar/98	seco	0,000	0,87	0,097	seco	0,000	0,40	0,127	0,40	0,279
30/Mar/98	seco	0,000	0,89	0,101	seco	0,000	0,40	0,127	0,40	0,279
31/Mar/98	seco	0,000	0,86	0,095	seco	0,000	0,28	0,021	0,39	0,261

Cuadro 3.3.3-1. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 1  
(Continuación)

Fecha	Almonte		Boca Negra		Chaliapo		El Tambo		Molinos	
	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)	HI (m)	Caudal (m3/s)
1/Abr/98	seco	0,000	0,88	0,099	seco	0,000	0,29	0,025	0,40	0,279
2/Abr/98	seco	0,000	0,87	0,097	seco	0,000	0,40	0,127	0,41	0,288
3/Abr/98	seco	0,000	0,85	0,094	seco	0,000	0,40	0,127	0,39	0,261
4/Abr/98	seco	0,000	0,84	0,092	seco	0,000	0,27	0,017	0,40	0,279
5/Abr/98	seco	0,000	0,83	0,090	seco	0,000	0,33	0,048	0,42	0,316
6/Abr/98	seco	0,000	0,84	0,092	seco	0,000	0,35	0,064	0,48	0,417
7/Abr/98	seco	0,000	0,83	0,090	seco	0,000	0,26	0,014	0,38	0,242
8/Abr/98	seco	0,000	0,84	0,092	seco	0,000	0,25	0,012	0,39	0,261
9/Abr/98	seco	0,000	0,85	0,093	seco	0,000	0,27	0,017	0,39	0,252
10/Abr/98	seco	0,000	0,83	0,090	seco	0,000	0,27	0,017	0,38	0,242
11/Abr/98	0,12	0,048	0,82	0,088	seco	0,000	0,26	0,014	0,38	0,242
12/Abr/98	0,14	0,063	0,80	0,084	seco	0,000	0,28	0,021	0,39	0,261
13/Abr/98	0,37	0,241	0,86	0,095	seco	0,000	0,42	0,162	0,38	0,242
14/Abr/98	0,10	0,032	0,81	0,085	0,70	0,036	0,39	0,111	0,39	0,261
15/Abr/98	0,28	0,171	0,80	0,084	0,69	0,030	0,39	0,111	0,39	0,261
16/Abr/98	0,27	0,164	0,81	0,085	0,70	0,036	0,39	0,111	0,40	0,279
17/Abr/98	0,09	0,025	0,84	0,092	0,70	0,036	0,29	0,025	0,40	0,279
18/Abr/98	0,09	0,021	0,85	0,094	0,70	0,036	0,28	0,019	0,42	0,316
19/Abr/98	0,09	0,025	0,84	0,092	0,70	0,036	0,29	0,025	0,39	0,261
20/Abr/98	0,07	0,009	0,80	0,084	0,69	0,030	0,39	0,111	0,39	0,261
21/Abr/98	0,07	0,009	0,78	0,081	0,69	0,030	0,40	0,127	0,40	0,279
22/Abr/98	0,07	0,005	0,75	0,074	0,70	0,036	0,42	0,162	0,39	0,261



(Continuación)

Fecha	A. Bolaños		Aguataya		Loredo		Ramos		Santa Inés		Santa Raquel		Vilca Chang		Vilca Loredo		
	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	
1/Feb/98		seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
2/Feb/98		seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
3/Feb/98		0,30	0,055	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
4/Feb/98		0,26	0,051	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
5/Feb/98		0,26	0,051	0,04	0,026	0,56	0,085	seco	0,000	0,86	0,084	0,38	0,089	seco	0,000	seco	0,000
6/Feb/98		0,24	0,049	seco	0,000	0,52	0,008	seco	0,000	0,67	0,014	0,45	0,118	seco	0,000	seco	0,000
7/Feb/98		0,27	0,052	0,04	0,026	0,54	0,047	seco	0,000	0,67	0,014	0,43	0,106	seco	0,000	seco	0,000
8/Feb/98		0,28	0,053	0,04	0,026	0,53	0,027	seco	0,000	0,68	0,017	0,44	0,112	seco	0,000	seco	0,000
9/Feb/98		0,35	0,060	0,04	0,026	0,54	0,047	seco	0,000	0,66	0,010	0,44	0,112	0,23	0,008	seco	0,000
10/Feb/98		0,34	0,059	0,04	0,026	0,53	0,027	seco	0,000	0,68	0,017	0,44	0,112	0,22	0,006	seco	0,000
11/Feb/98		0,34	0,059	0,08	0,043	0,55	0,066	seco	0,000	0,67	0,014	0,43	0,106	0,21	0,005	seco	0,000
12/Feb/98		0,34	0,059	0,07	0,038	0,55	0,056	seco	0,000	0,66	0,010	0,42	0,100	0,28	0,023	seco	0,000
13/Feb/98		0,36	0,061	0,06	0,034	0,53	0,027	seco	0,000	0,67	0,014	0,42	0,100	0,27	0,019	seco	0,000
14/Feb/98		0,34	0,059	0,01	0,014	0,39	0,003	seco	0,000	0,71	0,029	0,42	0,100	0,28	0,023	seco	0,000
15/Feb/98		0,34	0,059	0,01	0,014	0,39	0,003	seco	0,000	0,71	0,029	0,42	0,100	0,28	0,023	seco	0,000
16/Feb/98		0,36	0,061	seco	0,000	0,38	1,000	seco	0,000	0,78	0,054	0,44	0,112	0,30	0,033	seco	0,000
17/Feb/98		0,31	0,056	seco	0,000	0,39	0,003	seco	0,000	0,84	0,077	0,35	0,053	0,30	0,033	seco	0,000
18/Feb/98		0,32	0,057	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	0,84	0,077	0,38	0,075	0,29	0,028	seco	0,000
19/Feb/98		0,36	0,061	0,03	0,022	0,57	0,104	seco	0,000	0,83	0,071	0,44	0,112	0,28	0,023	seco	0,000
20/Feb/98		0,37	0,062	0,06	0,034	0,56	0,085	seco	0,000	0,81	0,066	0,40	0,088	0,27	0,019	seco	0,000
21/Feb/98		0,37	0,062	0,07	0,038	0,56	0,085	seco	0,000	0,82	0,069	0,41	0,094	0,28	0,023	seco	0,000
22/Feb/98		0,36	0,061	0,05	0,030	0,42	0,005	seco	0,000	0,82	0,069	0,41	0,094	0,26	0,016	seco	0,000
23/Feb/98		0,37	0,062	0,06	0,034	0,57	0,104	seco	0,000	0,81	0,066	0,40	0,088	0,28	0,023	seco	0,000
24/Feb/98		0,37	0,062	0,05	0,030	seco	0,000	seco	0,000	0,83	0,073	0,40	0,088	0,26	0,016	seco	0,000
25/Feb/98		0,35	0,060	0,06	0,034	0,42	0,005	seco	0,000	0,82	0,069	0,39	0,081	0,27	0,019	seco	0,000
26/Feb/98		0,36	0,061	0,02	0,018	seco	0,000	seco	0,000	0,81	0,066	0,41	0,094	0,26	0,016	seco	0,000
27/Feb/98		0,36	0,061	0,05	0,030	seco	0,000	seco	0,000	0,82	0,069	0,35	0,053	0,26	0,016	seco	0,000
28/Feb/98		0,36	0,061	0,06	0,034	seco	0,000	seco	0,000	0,82	0,069	0,36	0,061	0,26	0,016	seco	0,000
1/Mar/98		0,38	0,064	0,06	0,034	seco	0,000	seco	0,000	0,91	0,103	0,49	0,140	0,25	0,013	seco	0,000
2/Mar/98		0,39	0,067	0,06	0,034	seco	0,000	seco	0,000	0,87	0,088	0,49	0,140	0,25	0,013	seco	0,000
3/Mar/98		0,39	0,067	0,05	0,030	seco	0,000	seco	0,000	0,80	0,062	0,47	0,129	0,25	0,013	seco	0,000
4/Mar/98		0,39	0,067	0,05	0,030	seco	0,000	seco	0,000	0,90	0,057	0,48	0,135	0,25	0,011	seco	0,000
5/Mar/98		0,38	0,064	0,06	0,034	0,59	0,143	seco	0,000	0,87	0,036	0,48	0,135	0,22	0,006	seco	0,000
6/Mar/98		0,38	0,064	0,06	0,034	0,60	0,162	seco	0,000	0,88	0,043	0,47	0,129	0,24	0,010	seco	0,000
7/Mar/98		0,39	0,067	0,06	0,034	0,61	0,181	seco	0,000	0,87	0,036	0,50	0,145	0,26	0,016	seco	0,000
8/Mar/98		0,39	0,067	0,06	0,034	0,60	0,162	seco	0,000	0,86	0,030	0,48	0,135	0,26	0,016	seco	0,000
9/Mar/98		0,39	0,067	0,07	0,038	0,62	0,201	seco	0,000	0,89	0,050	0,45	0,118	0,29	0,028	seco	0,000
10/Mar/98		0,39	0,067	0,07	0,038	0,64	0,239	seco	0,000	0,87	0,036	0,37	0,068	0,31	0,036	seco	0,000

(Continuación)

Fecha	A. Bolaños		Aguataya		Loredo		Ramos		Santa Inés		Santa Raquel		Vilca Chang		Vilca Loredo	
	H (m)	Caudal (m3/s)	H (m)	Caudal (m3/s)	H (m)	Caudal (m3/s)	H (m)	Caudal (m3/s)	H (m)	Caudal (m3/s)	H (m)	Caudal (m3/s)	H (m)	Caudal (m3/s)	H (m)	Caudal (m3/s)
11/Mar/98		0,39	0,064	0,06	0,034	0,63	0,220	seco	0,000	0,88	0,043	0,54	0,165	0,31	0,039	
12/Mar/98		seco	0,000	0,04	0,026	0,62	0,201	seco	0,000	0,88	0,043	0,58	0,183	0,31	0,039	
13/Mar/98		0,38	0,064	0,06	0,034	0,60	0,162	seco	0,000	0,85	0,023	0,30	0,014	0,30	0,033	
14/Mar/98		0,33	0,058	0,07	0,036	0,62	0,201	seco	0,000	0,85	0,023	0,57	0,179	0,28	0,021	
15/Mar/98		0,37	0,062	0,06	0,034	0,61	0,181	seco	0,000	0,85	0,023	0,32	0,030	0,31	0,039	
16/Mar/98		0,32	0,057	0,08	0,043	0,60	0,162	seco	0,000	0,84	0,016	0,51	0,150	0,30	0,033	
17/Mar/98		0,39	0,067	0,06	0,034	0,62	0,201	seco	0,000	0,85	0,023	0,31	0,022	0,30	0,033	
18/Mar/98		0,40	0,074	0,05	0,030	0,61	0,181	seco	0,000	0,86	0,030	0,30	0,014	0,28	0,023	
19/Mar/98		0,46	0,115	0,08	0,043	0,51	0,007	seco	0,000	0,83	0,010	0,32	0,012	0,35	0,074	
20/Mar/98		0,41	0,081	0,12	0,059	0,52	0,008	seco	0,000	0,85	0,023	0,57	0,179	0,38	0,118	
21/Mar/98		0,40	0,074	0,08	0,043	0,60	0,162	seco	0,000	0,84	0,016	0,53	0,160	0,36	0,086	
22/Mar/98		0,40	0,074	0,08	0,043	0,60	0,162	seco	0,000	0,85	0,023	0,52	0,155	0,36	0,086	
23/Mar/98		0,39	0,067	0,09	0,047	0,61	0,181	seco	0,000	0,85	0,023	0,52	0,155	0,36	0,086	
24/Mar/98		0,41	0,081	0,09	0,047	0,62	0,201	seco	0,000	0,87	0,036	0,53	0,160	0,37	0,099	
25/Mar/98		0,40	0,074	0,07	0,038	Seco	0,000	seco	0,000	0,81	0,002	seco	0,000	0,35	0,069	
26/Mar/98		0,39	0,067	0,08	0,043	Seco	0,000	seco	0,000	0,82	0,003	0,51	0,150	0,35	0,074	
27/Mar/98		0,39	0,067	0,08	0,043	0,60	0,162	seco	0,000	0,84	0,016	0,40	0,088	0,34	0,063	
28/Mar/98		0,39	0,067	0,08	0,043	0,69	0,335	seco	0,000	0,88	0,043	0,52	0,155	0,34	0,063	
29/Mar/98		0,44	0,101	0,06	0,034	0,56	0,085	seco	0,000	0,90	0,057	0,29	0,005	0,37	0,099	
30/Mar/98		0,44	0,098	0,05	0,030	0,54	0,047	seco	0,000	0,89	0,050	0,27	0,000	0,37	0,099	
31/Mar/98		0,40	0,074	0,09	0,047	0,56	0,085	seco	0,000	0,83	0,010	0,46	0,124	0,30	0,033	
1/Abr/98		0,44	0,101	0,13	0,063	0,57	0,104	seco	0,000	0,82	0,003	0,49	0,140	0,30	0,033	
2/Abr/98		0,42	0,088	0,09	0,047	0,55	0,066	seco	0,000	0,83	0,010	0,40	0,088	0,33	0,054	
3/Abr/98		0,45	0,108	0,08	0,043	0,57	0,104	seco	0,000	0,90	0,057	0,41	0,094	0,28	0,023	
4/Abr/98		0,44	0,101	0,07	0,038	0,58	0,124	seco	0,000	0,91	0,063	0,43	0,106	0,26	0,016	
5/Abr/98		0,42	0,088	0,11	0,055	0,56	0,085	seco	0,000	0,82	0,003	0,41	0,094	0,32	0,046	
6/Abr/98		0,44	0,101	0,12	0,059	0,55	0,066	seco	0,000	0,82	0,003	0,50	0,145	0,30	0,033	
7/Abr/98		0,45	0,108	0,09	0,047	0,60	0,162	seco	0,000	0,90	0,057	0,45	0,115	0,35	0,074	
8/Abr/98		0,43	0,094	0,08	0,043	0,59	0,143	seco	0,000	0,89	0,046	0,43	0,106	0,33	0,054	
9/Abr/98		0,43	0,094	0,14	0,067	0,60	0,162	seco	0,000	0,89	0,050	0,45	0,118	0,34	0,063	
10/Abr/98		0,41	0,081	0,10	0,051	0,56	0,085	seco	0,000	0,83	0,010	0,30	0,014	0,30	0,033	
11/Abr/98		0,40	0,074	0,09	0,047	0,57	0,104	seco	0,000	0,83	0,010	0,31	0,022	0,31	0,039	
12/Abr/98		0,40	0,074	0,08	0,043	0,60	0,162	seco	0,000	0,87	0,036	0,32	0,030	0,32	0,046	
13/Abr/98		0,41	0,081	0,08	0,043	0,69	0,335	seco	0,000	0,86	0,030	0,39	0,081	0,33	0,054	
14/Abr/98		0,44	0,101	0,07	0,038	0,70	0,355	seco	0,000	0,87	0,036	0,49	0,140	0,32	0,046	
15/Abr/98		0,43	0,094	seco	0,000	0,69	0,335	seco	0,000	0,88	0,043	0,43	0,106	0,30	0,033	
16/Abr/98		0,44	0,098	seco	0,000	0,71	0,374	seco	0,000	0,88	0,043	0,43	0,106	0,31	0,039	
17/Abr/98		0,48	0,128	0,12	0,018	0,71	0,374	seco	0,000	0,87	0,036	0,50	0,145	0,34	0,063	
18/Abr/98		0,48	0,125	0,16	0,034	0,70	0,355	seco	0,000	0,87	0,033	0,50	0,145	0,34	0,059	
19/Abr/98		0,46	0,115	0,08	0,001	0,69	0,335	seco	0,000	0,83	0,010	0,50	0,145	0,35	0,074	
20/Abr/98		0,46	0,115	0,08	0,001	0,70	0,355	seco	0,000	0,85	0,023	0,46	0,124	0,34	0,063	
21/Abr/98		0,46	0,115	0,08	0,001	0,70	0,355	seco	0,000	0,86	0,030	0,48	0,135	0,35	0,074	
22/Abr/98		0,48	0,125	0,09	0,005	0,70	0,355	seco	0,000	0,80	0,002	0,48	0,135	0,36	0,086	



(continuación)

Fecha	Barranco Santa Rosa		Huancarán		La Isla		La Palma 1		La Palma 2		Linderos		Mayorga		Pocomchile		Puro Chile		Visconti	
	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1/Feb/98	seco	0,00			seco	0,00	seco	0,00	seco	0,000	0,38	0,049	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
2/Feb/98	seco	0,00			seco	0,00	seco	0,00	seco	0,000	0,40	0,054	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
3/Feb/98	seco	0,00			seco	0,00	seco	0,00	0,50	0,002	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,015	seco	0,000	seco	0,000
4/Feb/98	0,29	0,04			seco	0,00	seco	0,00	0,54	0,005	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,026	0,20	0,113	seco	0,000
5/Feb/98	0,26	0,03			seco	0,00	seco	0,00	0,42	0,003	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,033	0,15	0,089	seco	0,000
6/Feb/98	seco	0,00			seco	0,00	seco	0,00	0,42	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,018	0,20	0,113	seco	0,000
7/Feb/98	seco	0,00			seco	0,00	seco	0,00	0,43	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,022	0,19	0,103	seco	0,000
8/Feb/98	seco	0,00			seco	0,00	seco	0,00	0,42	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,022	0,27	0,202	seco	0,000
9/Feb/98	0,35	0,06			seco	0,00	seco	0,00	0,42	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,029	0,12	0,042	seco	0,000
10/Feb/98	0,34	0,06			seco	0,00	seco	0,00	0,42	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,026	0,12	0,042	seco	0,000
11/Feb/98	0,33	0,05			0,23	0,01	0,19	0,00	0,48	0,001	0,16	0,054	0,30	0,006	0,51	0,044	0,16	0,074	seco	0,000
12/Feb/98	0,30	0,04			0,19	0,00	0,20	0,00	0,47	0,001	0,15	0,051	0,29	0,003	0,50	0,040	0,13	0,046	seco	0,000
13/Feb/98	0,30	0,04			0,22	0,00	0,22	0,00	0,48	0,001	0,16	0,054	0,29	0,004	0,51	0,044	0,14	0,057	seco	0,000
14/Feb/98	0,32	0,05			0,21	0,00	0,21	0,00	0,50	0,002	0,28	0,081	0,27	0,001	0,49	0,037	0,19	0,103	seco	0,000
15/Feb/98	0,31	0,04			0,24	0,01	0,24	0,01	0,42	0,000	0,18	0,058	0,30	0,006	0,50	0,040	0,16	0,074	seco	0,000
16/Feb/98	0,30	0,04			0,19	0,00	0,20	0,00	0,41	0,003	0,28	0,081	0,31	0,007	0,50	0,040	0,12	0,042	seco	0,000
17/Feb/98	0,28	0,03			0,20	0,00	0,20	0,00	0,42	0,000	0,17	0,056	0,30	0,006	0,50	0,040	0,12	0,042	seco	0,000
18/Feb/98	0,34	0,06			0,20	0,00	0,20	0,00	0,39	0,002	0,28	0,080	seco	0,000	0,52	0,048	0,17	0,083	seco	0,000
19/Feb/98	0,29	0,03			0,24	0,01	0,24	0,01	0,35	0,001	0,17	0,055	seco	0,000	0,53	0,051	0,14	0,057	seco	0,000
20/Feb/98	0,31	0,04			0,24	0,01	0,24	0,01	0,36	0,002	0,18	0,058	seco	0,000	0,52	0,048	0,19	0,103	seco	0,000
21/Feb/98	0,30	0,04			0,25	0,01	0,25	0,01	0,38	0,002	0,17	0,056	seco	0,000	0,53	0,051	0,18	0,093	seco	0,000
22/Feb/98	0,31	0,04			0,25	0,01	0,25	0,01	0,39	0,002	0,18	0,058	seco	0,000	0,54	0,055	0,12	0,042	seco	0,000
23/Feb/98	0,32	0,05			0,24	0,01	0,24	0,01	0,39	0,002	0,17	0,056	seco	0,000	0,53	0,051	0,18	0,093	seco	0,175
24/Feb/98	0,39	0,06			0,27	0,01	0,27	0,01	0,38	0,002	0,20	0,062	seco	0,000	0,51	0,044	0,15	0,065	0,70	0,175
25/Feb/98	0,38	0,07			0,28	0,02	0,28	0,02	0,44	0,004	0,20	0,063	seco	0,000	0,51	0,044	0,18	0,093	0,71	0,180
26/Feb/98	0,28	0,03			0,24	0,01	0,24	0,01	0,39	0,002	0,19	0,060	0,39	0,011	0,55	0,059	0,21	0,125	0,67	0,154
27/Feb/98	0,28	0,03			0,27	0,01	0,27	0,01	0,41	0,003	0,18	0,058	0,40	0,011	0,54	0,055	0,19	0,103	0,66	0,142
28/Feb/98	0,38	0,07			0,26	0,01	0,26	0,01	0,38	0,002	0,19	0,060	0,39	0,011	0,55	0,059	0,15	0,065	0,67	0,154
1/Mar/98	0,39	0,06			0,28	0,02	0,28	0,02	0,41	0,003	0,24	0,072	seco	0,000	0,61	0,081	0,16	0,074	0,68	0,167
2/Mar/98	0,31	0,04			0,31	0,02	0,31	0,02	0,42	0,003	0,23	0,070	0,41	0,012	0,61	0,081	0,16	0,074	0,66	0,142
3/Mar/98	0,36	0,06			0,29	0,02	0,29	0,02	0,42	0,003	0,22	0,067	0,40	0,011	0,59	0,074	0,15	0,065	0,65	0,131
4/Mar/98	0,30	0,04			0,30	0,02	0,30	0,02	0,59	0,023	0,24	0,071	0,40	0,011	0,60	0,077	0,15	0,065	0,68	0,167
5/Mar/98	0,38	0,07			0,28	0,02	0,28	0,02	0,56	0,010	0,22	0,067	0,28	0,005	0,59	0,074	0,15	0,065	0,63	0,114
6/Mar/98	0,38	0,07			0,20	0,00	0,20	0,00	0,45	0,004	0,21	0,065	0,28	0,005	0,59	0,074	0,24	0,161	0,64	0,120
7/Mar/98	0,42	0,09			0,29	0,02	0,29	0,02	0,46	0,004	0,23	0,070	0,39	0,011	0,61	0,081	0,17	0,083	0,63	0,110
8/Mar/98	0,43	0,09			0,29	0,02	0,29	0,02	0,47	0,004	0,24	0,072	0,40	0,011	0,62	0,085	0,18	0,093	0,65	0,131
9/Mar/98	0,43	0,09			0,30	0,02	0,30	0,02	0,48	0,005	0,27	0,083	0,38	0,010	0,61	0,081	0,20	0,113	0,65	0,131
10/Mar/98	0,34	0,06			0,33	0,03	0,33	0,03	0,48	0,005	0,28	0,085	0,38	0,010	0,62	0,085	0,21	0,125	seco	0,000
11/Mar/98	0,50	0,06			0,26	0,02	0,26	0,02	0,48	0,005	0,29	0,088	0,32	0,007	0,60	0,077	0,20	0,113	0,64	0,120
12/Mar/98	0,50	0,06			0,25	0,01	0,25	0,01	0,49	0,005	0,29	0,086	0,31	0,006	0,62	0,083	0,21	0,125	0,65	0,131
13/Mar/98	0,51	0,07			0,24	0,01	0,24	0,01	0,48	0,005	0,26	0,081	0,32	0,007	0,60	0,077	0,22	0,136	seco	0,000
14/Mar/98	0,36	0,00			0,31	0,02	0,31	0,02	0,52	0,003	0,34	0,048	0,38	0,010	0,65	0,096	0,18	0,093	seco	0,000
15/Mar/98	0,50	0,06			0,25	0,01	0,25	0,01	0,47	0,002	0,25	0,029	0,33	0,008	0,60	0,077	0,20	0,113	seco	0,000
16/Mar/98	0,46	0,05			0,24	0,01	0,24	0,01	0,48	0,002	0,25	0,029	0,38	0,010	0,59	0,074	0,22	0,136	seco	0,000
17/Mar/98	0,39	0,01			0,23	0,01	0,23	0,01	0,51	0,003	0,30	0,040	0,38	0,010	0,61	0,081	0,21	0,125	seco	0,000
18/Mar/98	0,38	0,01			0,21	0,00	0,21	0,00	0,51	0,003	0,32	0,044	0,39	0,011	0,63	0,088	0,22	0,136	seco	0,000
19/Mar/98	0,50	0,06			0,24	0,01	0,24	0,01	0,57	0,004	0,36	0,044	0,31	0,006	0,61	0,081	0,25	0,174	0,70	0,022
20/Mar/98	0,49	0,06			0,24	0,01	0,24	0,01	0,58	0,005	0,36	0,044	0,31	0,006	seco	0,000	0,23	0,170	0,72	0,057

(continuación)

Fecha	Barranco Santa Rosa		Huancarane		La Isia		La Palma 1		La Palma 2		Linderos		Mayorga		Poconchile		Puro Chile		Visconti	
	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
21/Mar/98	0,49	0,06			0,21	0,00	0,59	0,05	0,60	0,013	0,36	0,044	0,38	0,010	0,60	0,077	0,25	0,174	0,71	0,045
22/Mar/98	0,48	0,06			0,22	0,00	0,60	0,05	0,59	0,010	0,36	0,044	0,39	0,011	0,58	0,070	0,24	0,161	0,72	0,067
23/Mar/98	0,49	0,06			0,23	0,01	0,59	0,05	0,59	0,010	0,37	0,047	0,40	0,011	0,59	0,074	0,25	0,174	0,73	0,089
24/Mar/98	0,48	0,06			0,24	0,01	0,61	0,05	0,59	0,010	0,36	0,044	0,40	0,011	0,59	0,074	0,26	0,188	0,73	0,089
25/Mar/98	0,54	0,08			0,32	0,02	0,53	0,03	0,85	0,010	0,33	0,038	0,38	0,010	0,66	0,099	0,23	0,149	0,65	0,005
26/Mar/98	0,53	0,08			0,31	0,02	0,53	0,03	0,86	0,016	0,32	0,035	0,39	0,011	0,65	0,096	0,24	0,161	0,66	0,010
27/Mar/98	0,52	0,07			0,28	0,02	0,59	0,05	0,85	0,010	0,30	0,031	0,40	0,011	0,66	0,099	0,22	0,136	0,67	0,010
28/Mar/98	0,52	0,07			0,38	0,04	0,69	0,07	0,89	0,032	0,51	0,079	0,44	0,013	0,64	0,092	0,25	0,174	0,67	0,015
29/Mar/98	0,48	0,06			0,26	0,01	0,62	0,06	0,87	0,021	0,39	0,051	0,40	0,011	0,68	0,107	0,21	0,125	0,86	0,179
30/Mar/98	0,49	0,06			0,27	0,01	0,63	0,06	0,90	0,038	0,40	0,054	0,40	0,011	0,69	0,111	0,23	0,149	0,90	0,220
31/Mar/98	0,51	0,07			0,26	0,01	0,62	0,06	0,80	0,005	0,39	0,051	0,42	0,012	0,67	0,103	0,20	0,113	0,86	0,179
1/Abr/98	0,55	0,08			0,26	0,01	0,63	0,06	0,81	0,006	0,39	0,051	0,44	0,013	0,69	0,111	0,23	0,149	0,88	0,200
2/Abr/98	0,56	0,09			0,26	0,01	0,56	0,04	0,90	0,038	0,37	0,047	0,45	0,014	0,68	0,107	0,15	0,065	0,83	0,100
3/Abr/98	0,56	0,09			0,25	0,01	0,63	0,06	0,80	0,005	0,38	0,049	0,45	0,014	0,68	0,107	0,10	0,030	0,83	0,100
4/Abr/98	0,55	0,08			0,27	0,01	0,63	0,06	0,80	0,005	0,37	0,046	0,44	0,013	0,64	0,092	0,10	0,030	0,84	0,120
5/Abr/98	0,54	0,08			0,24	0,01	0,60	0,05	0,91	0,043	0,38	0,049	0,46	0,015	0,58	0,070	0,23	0,149	0,81	0,080
6/Abr/98	0,54	0,08			0,23	0,01	0,59	0,05	0,91	0,043	0,38	0,049	0,45	0,014	0,59	0,074	0,14	0,057	0,80	0,075
7/Abr/98	0,54	0,08			0,31	0,02	0,63	0,06	0,92	0,049	0,45	0,065	0,45	0,014	0,71	0,118	0,22	0,136	0,66	0,010
8/Abr/98	0,53	0,08			0,29	0,02	0,64	0,06	0,91	0,043	0,44	0,062	0,45	0,014	0,71	0,118	0,22	0,136	0,66	0,010
9/Abr/98	0,40	0,00			0,27	0,01	0,67	0,07	0,96	0,068	0,40	0,054	0,46	0,015	0,75	0,133	0,14	0,057	0,66	0,010
10/Abr/98	0,44	0,04			0,28	0,02	0,60	0,05	0,90	0,038	0,43	0,060	0,46	0,015	0,76	0,136	0,09	0,024	0,79	0,185
11/Abr/98	0,44	0,04			0,28	0,02	0,61	0,05	0,89	0,032	0,41	0,056	0,48	0,016	0,74	0,129	0,12	0,042	0,77	0,179
12/Abr/98	0,46	0,05			0,29	0,02	0,66	0,07	0,90	0,038	0,40	0,054	0,46	0,015	0,75	0,133	0,14	0,057	0,75	0,134
13/Abr/98	0,48	0,06			0,23	0,01	0,70	0,08	0,90	0,038	0,43	0,060	0,46	0,015	0,62	0,085	0,17	0,083	0,80	0,190
14/Abr/98	0,48	0,06			0,35	0,03	0,74	0,09	0,88	0,027	0,50	0,033	0,46	0,015	0,67	0,103	0,20	0,113	0,86	0,179
15/Abr/98	0,47	0,05			0,37	0,03	0,73	0,08	0,90	0,038	0,51	0,035	0,48	0,016	0,65	0,096	0,21	0,125	0,84	0,120
16/Abr/98	0,48	0,06			0,37	0,03	0,75	0,09	0,91	0,043	0,52	0,038	0,48	0,016	0,65	0,096	0,20	0,113	0,84	0,120
17/Abr/98	0,48	0,06			0,25	0,01	0,68	0,07	0,92	0,049	0,46	0,024	0,46	0,015	0,70	0,114	0,17	0,083	0,86	0,179
18/Abr/98	0,48	0,05			0,23	0,01	0,68	0,07	0,94	0,060	0,45	0,022	0,46	0,015	0,72	0,122	0,15	0,065	0,85	0,134
19/Abr/98	0,48	0,06			0,24	0,01	0,66	0,07	0,90	0,038	0,43	0,017	0,46	0,015	0,71	0,118	0,18	0,093	0,75	0,134
20/Abr/98	0,50	0,06			0,24	0,01	0,69	0,07	0,91	0,043	0,44	0,019	0,48	0,016	0,70	0,114	0,20	0,113	0,73	0,089
21/Abr/98	0,50	0,06			0,23	0,01	0,70	0,08	0,90	0,038	0,44	0,019	0,49	0,016	0,69	0,111	0,41	0,452	0,71	0,045
22/Abr/98	0,54	0,08			0,21	0,00	0,71	0,08	0,91	0,043	0,46	0,024	0,47	0,015	0,70	0,114	0,23	0,149	0,73	0,089

Cuadro 3.3.3-4. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 4A

Fecha	Arellano Beyzán		Chacabuco		Cora Beyzán		El Muro	
	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)
9/Nov/97	0,30	0,062	0,58	0,465	0,80	0,297	0,20	0,252
10/Nov/97	0,27	0,050	0,43	0,136	0,65	0,143	0,08	0,118
17/Nov/97	0,24	0,038	0,60	0,585	0,80	0,296	0,18	0,229
18/Nov/97	0,24	0,038	0,41	0,121	0,70	0,199	0,07	0,100
20/Nov/97	0,27	0,051						
25/Nov/97	0,28	0,053	0,54	0,410	0,82	0,310	0,18	0,224
2/Dic/97	0,25	0,016	0,38	0,091	0,49	0,002	0,08	0,113
3/Dic/97	0,26	0,020	0,51	0,329	0,81	0,303	0,23	0,280
4/Dic/97	0,29	0,033	0,37	0,082	0,57	0,077	0,75	0,779
5/Dic/97	0,29	0,031	0,36	0,073	0,49	0,002	0,07	0,100
6/Dic/97	0,28	0,027	0,37	0,082	0,50	0,006	0,10	0,137
7/Dic/97	0,24	0,012	0,06	0,001	0,55	0,053	0,13	0,171
8/Dic/97	0,24	0,012	0,33	0,051	0,53	0,039	0,06	0,088
9/Dic/97	0,25	0,016			0,53	0,039	0,06	0,088
11/Dic/97	0,25	0,016	0,41	0,118	0,75	0,242	0,30	0,353
12/Dic/97					0,17	0,084	0,14	0,169
19/Dic/97	0,25	0,016	0,49	0,257	0,28	0,319	0,25	0,302
20/Dic/97	0,25	0,016			0,22	0,177	0,12	0,160
27/Dic/97	0,30	0,038	0,49	0,257	0,28	0,299	0,32	0,373
3/Ene/98	0,26	0,020						
4/Ene/98	0,34	0,054	seco	0,000	0,26	0,244	0,27	0,321
12/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,11	0,035	0,06	0,088
13/Ene/98					0,13	0,063		
15/Ene/98	0,33	0,050	0,82	1,045	0,10	0,032	0,12	0,160
16/Ene/98	0,28	0,029	0,73	0,836	0,11	0,039	0,11	0,148
17/Ene/98	0,25	0,016	0,67	0,697	0,14	0,066	0,07	0,100
18/Ene/98	0,25	0,016	0,51	0,326	0,09	0,025		0,003
19/Ene/98	0,24	0,012	0,51	0,326	0,16	0,088	0,09	0,125
20/Ene/98	0,27	0,023	0,65	0,651	0,18	0,114	0,30	0,353
21/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,09	0,025	0,20	0,249
22/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,15	0,077	0,12	0,160
23/Ene/98	0,26	0,020	seco	0,000	0,12	0,047	0,13	0,171
24/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
25/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,14	0,006	seco	0,000
26/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
27/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
28/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
29/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
30/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
31/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
1/Feb/98	seco	0,000	0,49	0,280	0,33	0,043	0,09	0,125
2/Feb/98	seco	0,000	0,42	0,118	0,32	0,041	0,08	0,113
3/Feb/98	0,27	0,025	0,52	0,350	0,19	0,016	0,07	0,100
4/Feb/98	seco	0,000	0,41	0,095	0,21	0,020	0,05	0,075
5/Feb/98	0,24	0,012	0,51	0,326	0,26	0,029	0,08	0,113
6/Feb/98	0,20	0,003	0,58	0,489	0,23	0,023	0,07	0,100
7/Feb/98	seco	0,000	0,50	0,303	0,23	0,023	0,11	0,148
8/Feb/98	seco	0,000	0,51	0,326	0,22	0,022	0,12	0,160
9/Feb/98	seco	0,000	0,52	0,350	0,23	0,023	0,12	0,160
10/Feb/98	seco	0,000	0,50	0,303	0,24	0,025	0,11	0,148

Cuadro 3.3.3-4. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 4A  
(Continuación)

Fecha	Arellano Beyzán		Chacabuco		Cora Beyzán		El Muro	
	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)
11/Feb/98	0,28	0,046	0,56	0,442	0,23	0,023	0,14	0,183
12/Feb/98	0,27	0,042	0,55	0,419	0,21	0,020	0,12	0,160
13/Feb/98	0,28	0,046	0,58	0,489	0,21	0,020	0,21	0,259
14/Feb/98	0,25	0,033	0,53	0,373	0,22	0,022	0,11	0,148
15/Feb/98	0,30	0,055	0,57	0,465	0,26	0,029	0,24	0,216
16/Feb/98	0,26	0,038	0,56	0,442	0,20	0,018	0,24	0,216
17/Feb/98	0,30	0,055	0,56	0,442	0,20	0,018	0,23	0,205
18/Feb/98	0,31	0,059	0,55	0,419	0,22	0,022	0,25	0,227
19/Feb/98	0,29	0,050	0,52	0,350	0,23	0,023	0,26	0,238
20/Feb/98	0,30	0,055	0,57	0,465	0,26	0,029	0,22	0,194
21/Feb/98	0,26	0,038	0,56	0,442	0,24	0,025	0,23	0,205
22/Feb/98	0,29	0,050	0,53	0,373	0,26	0,029	0,23	0,205
23/Feb/98	0,30	0,055	0,57	0,465	0,26	0,029	0,22	0,194
24/Feb/98	0,31	0,057	0,51	0,326	0,25	0,027	0,25	0,227
25/Feb/98	0,32	0,063	0,55	0,419	0,24	0,025	0,22	0,194
26/Feb/98	0,33	0,068	0,54	0,396	0,23	0,023	0,24	0,216
27/Feb/98	0,34	0,072	0,51	0,326	0,24	0,025	0,22	0,194
28/Feb/98	0,32	0,063	0,53	0,373	0,24	0,025	0,25	0,227
1/Mar/98	0,36	0,080	0,76	0,373	0,24	0,025	0,25	0,227
2/Mar/98	0,36	0,080	0,75	0,350	0,26	0,029	0,22	0,194
3/Mar/98	0,35	0,076	0,70	0,234	0,25	0,027	0,22	0,194
4/Mar/98	0,35	0,076	0,76	0,373	0,25	0,027	0,24	0,216
5/Mar/98	0,33	0,068	0,72	0,280	0,24	0,025	0,23	0,205
6/Mar/98	0,34	0,072	0,70	0,234	0,23	0,023	0,22	0,194
7/Mar/98	0,33	0,068	0,69	0,204	0,23	0,023	0,23	0,205
8/Mar/98	0,32	0,063	0,90	0,215	0,24	0,025	0,24	0,216
9/Mar/98	0,34	0,072	0,92	0,259	0,26	0,029	0,25	0,227
10/Mar/98	0,37	0,085	0,95	0,325	0,24	0,025	0,25	0,227
11/Mar/98	0,38	0,089	0,92	0,245	0,24	0,025	0,25	0,227
12/Mar/98	0,38	0,087	0,90	0,201	0,26	0,029	0,25	0,227
13/Mar/98	0,37	0,083	0,89	0,182	0,24	0,025	0,24	0,216
14/Mar/98	0,37	0,083	0,83	0,098	0,25	0,027	0,23	0,205
15/Mar/98	0,35	0,076	0,82	0,088	0,24	0,025	0,25	0,227
16/Mar/98	0,38	0,089	0,80	0,071	0,30	0,037	0,20	0,171
17/Mar/98	0,38	0,089	0,79	0,063	0,31	0,039	0,21	0,183
18/Mar/98	0,39	0,093	0,78	0,057	0,30	0,037	0,20	0,171
19/Mar/98	0,39	0,093	0,78	0,057	0,33	0,043	0,24	0,216
20/Mar/98	0,40	0,098	0,83	0,098	0,33	0,043	0,25	0,227
21/Mar/98	0,40	0,095	0,83	0,098	0,34	0,045	0,30	0,281
22/Mar/98	0,40	0,098	0,84	0,109	0,32	0,041	0,31	0,291
23/Mar/98	0,39	0,093	0,78	0,057	0,33	0,042	0,23	0,200
24/Mar/98	0,39	0,093	0,78	0,057	0,31	0,039	0,23	0,205
25/Mar/98	0,40	0,098	0,77	0,050	0,32	0,041	0,23	0,205
26/Mar/98	0,39	0,093	0,78	0,057	0,32	0,041	0,24	0,216
27/Mar/98	0,38	0,089	0,79	0,063	0,30	0,037	0,26	0,238
28/Mar/98	0,28	0,046	0,89	0,182	0,33	0,043	0,33	0,312
29/Mar/98	0,32	0,063	0,81	0,079	0,32	0,041	0,35	0,333
30/Mar/98	0,32	0,063	0,80	0,071	0,32	0,041	0,37	0,353
31/Mar/98	0,34	0,072	0,83	0,098	0,32	0,041	0,33	0,312

Cuadro 3.3.3-4. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 4A  
(Continuación)

Fecha	Arellano Beyzán		Chacabuco		Cora Beyzán		El Muro	
	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)
1/Abr/98	0,28	0,046	0,77	0,050	0,34	0,044	0,38	0,363
2/Abr/98	0,31	0,059	0,82	0,088	0,31	0,039	0,38	0,363
3/Abr/98	0,30	0,055	0,80	0,071	0,32	0,041	0,40	0,383
4/Abr/98	0,29	0,050	0,78	0,057	0,35	0,047	0,38	0,363
5/Abr/98	0,32	0,063	0,78	0,057	0,32	0,041	0,36	0,343
6/Abr/98	0,27	0,042	0,77	0,050	0,32	0,041	0,37	0,353
7/Abr/98	0,29	0,050	0,79	0,063	0,35	0,047	0,36	0,343
8/Abr/98	0,29	0,050	0,90	0,201	0,33	0,043	0,35	0,333
9/Abr/98	0,27	0,043	0,87	0,149	0,33	0,043	0,37	0,351
10/Abr/98	0,26	0,038	0,89	0,182	0,31	0,039	0,35	0,333
11/Abr/98	0,27	0,042	0,89	0,182	0,31	0,039	0,36	0,343
12/Abr/98	0,28	0,046	0,86	0,134	0,30	0,037	0,34	0,322
13/Abr/98	0,26	0,038	0,84	0,109	0,32	0,041	0,32	0,302
14/Abr/98	0,22	0,020	0,90	0,201	0,30	0,037	0,31	0,291
15/Abr/98	0,22	0,020	0,88	0,165	0,31	0,039	0,28	0,259
16/Abr/98	0,21	0,016	0,87	0,149	0,29	0,035	0,25	0,227
17/Abr/98	0,26	0,038	0,86	0,134	0,30	0,037	0,30	0,281
18/Abr/98	0,27	0,042	0,87	0,149	0,36	0,049	0,32	0,302
19/Abr/98	0,28	0,046	0,89	0,182	0,34	0,045	0,36	0,343
20/Abr/98	0,25	0,033	0,89	0,182	0,33	0,043	0,36	0,343
21/Abr/98	0,26	0,038	0,92	0,245	0,34	0,045	0,35	0,333
22/Abr/98	0,25	0,033	0,92	0,245	seco	0,000	0,37	0,353

Cuadro 3.3.3-5. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 4B

Fecha	Bravo 1		Bravo 2		Sascapa	
	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)
8/Nov/97	seco	0,000	0,32	0,067	0,33	0,730
16/Nov/97	0,61	0,020	seco	0,000	0,29	0,551
24/Nov/97	seco	0,000	0,65	0,042	0,33	0,717
2/Dic/97	seco	0,000	0,70	0,113	0,31	0,634
3/Dic/97	seco	0,000	seco	0,000	0,03	0,024
4/Dic/97	seco	0,000	0,59	0,047	0,00	0,004
5/Dic/97	seco	0,000	0,59	0,047	0,01	0,005
6/Dic/97	seco	0,000	0,59	0,047	0,02	0,013
7/Dic/97	seco	0,000	0,60	0,053	0,25	0,478
8/Dic/97	seco	0,000	0,62	0,065	0,00	0,003
9/Dic/97	seco	0,000	0,62	0,065	0,00	0,002
10/Dic/97	seco	0,000	0,64	0,074	0,21	0,378
18/Dic/97	0,65	0,034	0,67	0,092	0,26	0,528
26/Dic/97	0,72	0,054	seco	0,000	0,26	0,483
3/Ene/98	0,75	0,063	seco	0,000	0,36	0,786
11/Ene/98	0,75	0,062	seco	0,000	0,26	0,492
15/Ene/98	0,81	0,081	seco	0,000	0,09	0,112
16/Ene/98	0,79	0,075	seco	0,000	0,12	0,169
17/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,18	0,289
18/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,12	0,169
19/Ene/98	0,74	0,060	0,68	0,101	0,08	0,095
20/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,26	0,506
21/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,34	0,739
22/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,26	0,506
23/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	0,30	0,619
24/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
25/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
26/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
27/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
28/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
29/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
30/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
31/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000	seco	0,000
1/Feb/98	seco	0,000	seco	0,000	0,14	0,210
2/Feb/98	seco	0,000	seco	0,000	0,12	0,169
3/Feb/98	seco	0,000	seco	0,000	0,11	0,149
4/Feb/98	seco	0,000	seco	0,000	0,07	0,079
5/Feb/98	0,75	0,014	0,68	0,101	0,16	0,254
6/Feb/98	0,66	0,002	0,53	0,011	0,15	0,232
7/Feb/98	0,75	0,014	seco	0,000	0,21	0,374
8/Feb/98	0,74	0,013	seco	0,000	0,22	0,399
9/Feb/98	0,75	0,014	seco	0,000	0,23	0,425
10/Feb/98	0,75	0,014	0,68	0,101	0,22	0,399
11/Feb/98	0,77	0,016	seco	0,000	0,15	0,232
12/Feb/98	0,75	0,014	seco	0,000	0,23	0,425
13/Feb/98	0,76	0,015	seco	0,000	0,21	0,374
14/Feb/98	0,76	0,015	seco	0,000	0,14	0,210
15/Feb/98	0,76	0,015	seco	0,000	0,18	0,300

Cuadro 3.3.3-5. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 4B

(Continuación)

Fecha	Bravo 1		Bravo 2		Sascapa	
	HI (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	HI (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	HI (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
16/Feb/98	0,75	0,014	seco	0,000	0,17	0,277
17/Feb/98	0,66	0,002	seco	0,000	0,15	0,232
18/Feb/98	0,65	0,001	seco	0,000	0,16	0,254
19/Feb/98	0,64	0,001	0,52	0,005	0,13	0,189
20/Feb/98	0,74	0,013	seco	0,000	0,08	0,095
21/Feb/98	0,65	0,000	seco	0,000	0,12	0,169
22/Feb/98	seco	0,000	seco	0,000	0,10	0,131
23/Feb/98	0,74	0,013	seco	0,000	0,08	0,095
24/Feb/98	0,74	0,013	0,54	0,017	0,10	0,131
25/Feb/98	0,72	0,010	seco	0,000	0,08	0,095
26/Feb/98	0,72	0,010	seco	0,000	0,07	0,079
27/Feb/98	0,79	0,019	seco	0,000	0,08	0,095
28/Feb/98	0,79	0,019	seco	0,000	0,08	0,095
1/Mar/98	0,79	0,019	seco	0,000	0,24	0,451
2/Mar/98	0,79	0,019	seco	0,000	0,25	0,478
3/Mar/98	0,78	0,018	seco	0,000	0,26	0,492
4/Mar/98	0,79	0,019	seco	0,000	0,24	0,451
5/Mar/98	0,76	0,015	seco	0,000	0,21	0,374
6/Mar/98	0,77	0,017	seco	0,000	0,21	0,374
7/Mar/98	0,77	0,017	seco	0,000	0,20	0,349
8/Mar/98	0,77	0,017	seco	0,000	0,15	0,232
9/Mar/98	0,77	0,017	seco	0,000	0,15	0,232
10/Mar/98	0,76	0,015	seco	0,000	0,14	0,210
11/Mar/98	0,76	0,015	seco	0,000	0,16	0,254
12/Mar/98	0,77	0,017	seco	0,000	0,15	0,232
13/Mar/98	0,78	0,018	0,52	0,005	0,16	0,254
14/Mar/98	0,81	0,022	seco	0,000	0,15	0,232
15/Mar/98	0,80	0,021	seco	0,000	0,16	0,254
16/Mar/98	0,83	0,025	0,53	0,011	0,15	0,232
17/Mar/98	0,82	0,023	0,51	0,002	0,11	0,149
18/Mar/98	0,83	0,025	0,52	0,005	0,13	0,189
19/Mar/98	0,73	0,011	0,48	0,001	0,14	0,200
20/Mar/98	0,67	0,003	0,50	0,002	0,15	0,221
21/Mar/98	0,68	0,005	0,52	0,005	0,08	0,087
22/Mar/98	0,70	0,007	seco	0,000	0,09	0,112
23/Mar/98	0,77	0,017	seco	0,000	0,01	0,005
24/Mar/98	0,78	0,018	seco	0,000	0,04	0,036
25/Mar/98	seco	0,000	seco	0,000	0,02	0,013
26/Mar/98	seco	0,000	seco	0,000	0,03	0,024
27/Mar/98	0,79	0,019	seco	0,000	0,05	0,049
28/Mar/98	0,69	0,006	0,53	0,011	0,08	0,095
29/Mar/98	0,68	0,005	seco	0,000	0,15	0,232
30/Mar/98	0,66	0,002	seco	0,000	0,13	0,189
31/Mar/98	0,68	0,005	seco	0,000	0,15	0,232

Cuadro 3.3.3-5. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 4B  
(Continuación)

Fecha	Bravo 1		Bravo 2		Sascapa	
	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)
1/Abr/98	seco	0,000	seco	0,000	0,05	0,049
2/Abr/98	0,71	0,009	seco	0,000	0,17	0,277
3/Abr/98	0,71	0,009	seco	0,000	0,16	0,254
4/Abr/98	seco	0,000	seco	0,000	0,13	0,189
5/Abr/98	0,71	0,009	seco	0,000	0,13	0,189
6/Abr/98	0,70	0,007	seco	0,000	0,09	0,112
7/Abr/98	0,68	0,005	0,52	0,005	0,04	0,036
8/Abr/98	0,67	0,003	0,52	0,005	0,09	0,112
9/Abr/98	0,70	0,007	seco	0,000	0,10	0,147
10/Abr/98	0,72	0,010	seco	0,000	0,11	0,149
11/Abr/98	0,73	0,011	seco	0,000	0,13	0,189
12/Abr/98	0,72	0,010	seco	0,000	0,12	0,169
13/Abr/98	0,72	0,010	seco	0,000	0,13	0,189
14/Abr/98	0,73	0,011	seco	0,000	0,07	0,079
15/Abr/98	0,72	0,010	seco	0,000	0,03	0,024
16/Abr/98	0,73	0,011	seco	0,000	0,02	0,013
17/Abr/98	0,70	0,007	seco	0,000	0,02	0,013
18/Abr/98	0,70	0,007	seco	0,000	0,01	0,005
19/Abr/98	0,71	0,009	seco	0,000	0,04	0,036
20/Abr/98	seco	0,000	seco	0,000	0,01	0,005
21/Abr/98	seco	0,000	seco	0,000	0,02	0,013
22/Abr/98	seco	0,000	seco	0,000	0,09	0,112

Cuadro 3.3.3-6. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 5

Fecha	Aica González		Valle Hermoso	
	HI (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	HI (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
15/Nov/97	0,54	0,099	0,75	0,318
23/Nov/97	0,44	0,052	0,75	0,319
1/Dic/97	0,41	0,031	0,75	0,319
2/Dic/97	seco	0,000	0,45	0,051
3/Dic/97	seco	0,000	0,44	0,040
4/Dic/97	seco	0,000	0,50	0,107
5/Dic/97	seco	0,000	0,47	0,075
6/Dic/97	seco	0,000	0,44	0,040
7/Dic/97	seco	0,000	0,43	0,027
8/Dic/97	0,40	0,026	seco	0,000
9/Dic/97	0,41	0,031	0,71	0,294
17/Dic/97	0,37	0,009	0,66	0,251
25/Dic/97	0,41	0,028	0,61	0,221
2/Ene/98	0,57	0,112	0,62	0,217
10/Ene/98	seco	0,000	0,55	0,150
14/Ene/98			0,47	0,075
15/Ene/98	seco	0,000	0,53	0,138
16/Ene/98	seco	0,000	0,53	0,138
17/Ene/98	seco	0,000	0,51	0,118
18/Ene/98	seco	0,000	0,59	0,195
19/Ene/98		0,003	0,52	0,128
20/Ene/98	seco	0,000	0,67	0,263
21/Ene/98	seco	0,000	0,60	0,204
22/Ene/98	seco	0,000	0,40	0,040
23/Ene/98	seco	0,000	0,49	0,097
24/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000
25/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000
26/Ene/98	seco	0,000	0,56	0,168
27/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000
28/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000
29/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000
30/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000
31/Ene/98	seco	0,000	seco	0,000
1/Feb/98	seco	0,000	0,68	0,271
2/Feb/98	seco	0,000	0,66	0,255
3/Feb/98	seco	0,000	0,59	0,195
4/Feb/98	seco	0,000	0,83	0,377
5/Feb/98	seco	0,000	0,66	0,255
6/Feb/98	seco	0,000	0,64	0,239
7/Feb/98	seco	0,000	0,68	0,271
8/Feb/98	seco	0,000	0,68	0,271
9/Feb/98	seco	0,000	0,68	0,271
10/Feb/98	seco	0,000	0,69	0,279
11/Feb/98	seco	0,000	0,67	0,263
12/Feb/98	seco	0,000	0,65	0,247
13/Feb/98	seco	0,000	0,66	0,255
14/Feb/98	0,53	0,090	0,53	0,138
15/Feb/98	0,53	0,090	0,69	0,279

Cuadro 3.3.3-6. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 5  
(Continuación)

Fecha	Aica González		Valle Hermoso	
	HI (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	HI (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
16/Feb/98	0,55	0,100	0,70	0,286
17/Feb/98	seco	0,000	0,67	0,263
18/Feb/98	seco	0,000	0,69	0,279
19/Feb/98	seco	0,000	0,60	0,204
20/Feb/98	seco	0,000	0,62	0,222
21/Feb/98	seco	0,000	0,65	0,247
22/Feb/98	seco	0,000	0,66	0,255
23/Feb/98	0,54	0,095	0,62	0,222
24/Feb/98	0,53	0,100	0,71	0,294
25/Feb/98	seco	0,000	0,64	0,239
26/Feb/98	0,45	0,080	0,67	0,263
27/Feb/98	0,44	0,070	0,69	0,279
28/Feb/98	seco	0,000	0,68	0,271
1/Mar/98	seco	0,000	0,72	0,301
2/Mar/98	0,25	0,036	0,73	0,308
3/Mar/98	0,24	0,032	0,79	0,350
4/Mar/98	0,24	0,032	0,72	0,301
5/Mar/98	0,25	0,036	0,62	0,222
6/Mar/98	0,24	0,032	0,77	0,337
7/Mar/98	0,24	0,032	0,78	0,344
8/Mar/98	0,23	0,028	0,78	0,344
9/Mar/98	0,24	0,032	0,77	0,337
10/Mar/98	0,23	0,028	0,73	0,308
11/Mar/98	0,24	0,032	0,78	0,344
12/Mar/98	0,24	0,032	0,78	0,344
13/Mar/98	0,25	0,036	0,68	0,271
14/Mar/98	0,24	0,032	0,68	0,271
15/Mar/98	0,23	0,028	0,69	0,279
16/Mar/98	0,23	0,028	0,49	0,097
17/Mar/98	seco	0,000	0,47	0,075
18/Mar/98	seco	0,000	0,46	0,063
19/Mar/98	seco	0,000	0,44	0,040
20/Mar/98	seco	0,000	0,59	0,195
21/Mar/98	0,30	0,080	0,68	0,271
22/Mar/98	0,28	0,070	0,69	0,279
23/Mar/98	0,28	0,070	0,63	0,230
24/Mar/98	0,28	0,070	0,63	0,230
25/Mar/98	seco	0,000	0,41	0,002
26/Mar/98	seco	0,000	0,43	0,027
27/Mar/98	0,26	0,040	0,64	0,239
28/Mar/98	0,20	0,018	0,51	0,118
29/Mar/98	0,29	0,075	0,49	0,097
30/Mar/98	0,30	0,080	0,47	0,075
31/Mar/98	0,29	0,075	0,56	0,168

Cuadro 3.3.3-6. Caudales y Alturas Limnimétricas por Canal - Sector 5  
(Continuación)

Fecha	Aica González		Valle Hermoso	
	HI (m)	Q (m3/s)	HI (m)	Q (m3/s)
1/Abr/98	0,30	0,080	0,54	0,148
2/Abr/98	0,31	0,090	0,59	0,195
3/Abr/98	0,30	0,080	0,58	0,186
4/Abr/98	0,29	0,075	0,55	0,158
5/Abr/98	0,13	0,005	0,48	0,086
6/Abr/98	0,21	0,025	0,48	0,086
7/Abr/98	0,23	0,028	0,48	0,086
8/Abr/98	0,18	0,012	0,49	0,097
9/Abr/98	0,20	0,018	0,64	0,146
10/Abr/98	0,19	0,015	0,66	0,255
11/Abr/98	0,20	0,018	0,65	0,247
12/Abr/98	0,20	0,018	0,64	0,239
13/Abr/98	seco	0,000	0,62	0,222
14/Abr/98	seco	0,000	0,64	0,239
15/Abr/98	seco	0,000	0,61	0,213
16/Abr/98	seco	0,000	0,62	0,222
17/Abr/98	seco	0,000	0,47	0,075
18/Abr/98	seco	0,000	0,49	0,097
19/Abr/98	0,18	0,012	0,49	0,097
20/Abr/98	0,24	0,032	0,59	0,195
21/Abr/98	seco	0,000	0,57	0,177
22/Abr/98	seco	0,000	0,51	0,118

### 3.5 Análisis Químico de las Aguas

Durante el desarrollo de la prueba de larga duración, y como información complementaria a la misma, la Dirección General de Aguas realizó muestreo de aguas superficiales y subterráneas, las que fueron analizadas en cuanto a los contenidos de Oxígeno Disuelto, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Litio, Arsénico y Boro, midiéndose además la temperatura, conductividad y PH de cada muestra. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 3.5-1, en el que se omitió las concentraciones de Carbonatos, iguales a cero en prácticamente todas las muestras.

El análisis de la información indicada, desde el punto de su variación en el tiempo, no muestra tendencias de ascenso o descenso de ninguno de los parámetros en ninguno de los puntos muestreados, correspondiendo las variaciones a fluctuaciones dentro de rangos similares. La única excepción la constituye el caso de las muestras obtenidas en el río Lluta en Panamericana, las que sistemáticamente registraron mayores concentraciones en prácticamente todos los parámetros en las muestras obtenidas en marzo, respecto de las de febrero.

En el caso de las aguas superficiales, es posible observar en general un aumento de las concentraciones de los parámetros analizados desde aguas arriba hacia aguas abajo. En el Cuadro 3.5-2 se muestran los promedios de los valores muestreados en las secciones del río Lluta en Chapisca, puente de ferrocarril, puente Chacabuco y Panamericana, pudiendo observarse el aumento progresivo en las concentraciones de Bicarbonato, Cloruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, sodio, Potasio, Litio y Boro. Dicho aumento de concentraciones se produciría por el arrastre de sales desde el lecho del río, y por la posible recuperación de derrames de riego.

Cuadro 3.5-2. Concentraciones Promedio Muestreos Aguas Superficiales (mg/l)

Lluta en:	Bicarb.	Cloruros	Sulfatos	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Litio	Boro
Chapisca	11,1	406,8	380,0	131,0	38,8	223,8	35,5	0,7	13,4
Pte. FFCC	40,3	491,3	477,5	161,3	46,3	267,8	37,8	0,8	16,3
Pte. Chac.	61,3	559,5	537,5	181,8	52,3	302,5	40,5	0,9	18,0
Panam.	103,4	731,8	605,0	225,5	67,5	402,8	50,3	1,1	22,4

En cuanto a las aguas subterráneas, también se observa que las concentraciones son menores en los sondajes de aguas arriba, en particular el piezómetro 1, piezómetro 2 y pozo PA5. Desde ese punto hacia aguas abajo los valores son similares entre sí, excepto los valores del pozo JA, que difieren de los restantes. En todo caso, las variaciones son considerablemente menores a las observadas en el caso de las aguas superficiales, y su causa sería el arrastre de sales

Cuadro 3.5-1. Calidad de Aguas Pozos y Río Lluta

Lugar	Fecha	Hora	Temp. °C	Conduct. mS/cm	PH	Oxígeno Dis. mg/l	Bicarbonatos mg/l	Cloruros mg/l	Sulfatos mg/l	Calcio mg/l	Magnesio mg/l	Sodio mg/l	Potasio mg/l	Litio mg/l	Arsénico mg/l	Boro mg/l
Pozo JB	16.02.98	20:07	24,7	4,71	9,38	1,89	16,5	988	300	197	42	465	41	0,94	< 0,001	19,8
	20.02.98	18:33	25,7	4,70	9,10	1,29	14,0	984	300	191	38	456	41	0,90	< 0,001	18,8
	05.03.98	16:49	26,4	4,89	8,12	1,30	1,2	977	300	184	36	447	42	0,89	< 0,001	18,6
	10.03.98	18:20	25,1	4,68	8,13	1,28	4,9	990	300	196	40	457	42	0,93	< 0,001	19,9
Pozo JA	16.02.98	17:46	25,1	3,87	9,65	0,88	23,4	806	17	29	15	458	45	0,81	< 0,001	14,7
	20.02.98	17:45	25,2	3,91	9,34	1,16	20,4	815	18	32	15	448	44	0,83	< 0,001	14,7
	05.03.98	13:35	26,2	4,05	8,44	1,01	33,6	815	21	32	17	431	45	0,85	< 0,001	15,4
	10.03.98	17:20	25,7	3,90	8,22	1,10	40,8	884	68	67	29	434	45	1,09	< 0,001	19,2
Pozo P3	11.02.98	17:12	25,3	4,96	6,75	1,50	85,4	899	720	295	97	432	45	1,29	0,026	26,2
	19.02.98	18:43	25,2	5,12	5,61	1,04	79,3	894	720	284	97	421	44	1,27	0,028	26,7
	02.03.98	19:30	25,2	5,38	5,15	1,30	79,3	885	720	278	97	423	45	1,27	0,026	26,1
	09.03.98	20:12	25,2	5,13	4,52	1,16	81,7	887	730	282	96	423	45	1,26	0,028	25,7
Pozo P5	11.02.98	17:45	24,7	4,78	7,23	1,10	131,8	853	600	281	86	413	36	1,07	0,013	21,5
	19.02.98	18:18	24,7	4,96	5,69	0,08	131,8	862	600	266	85	405	36	1,06	0,008	21,1
	02.03.98	19:10	24,7	5,20	5,20	0,14	130,5	854	600	266	87	421	37	1,05	0,006	21,9
	09.03.98	19:47	24,6	4,80	5,16	2,44	137,9	839	600	267	86	402	38	1,04	0,017	21,9
Pozo P10	11.02.98	18:20	24,0	5,58	7,26	2,70	147,7	1149	820	330	115	586	57	1,62	0,036	29,4
	19.02.98	17:45	24,1	6,05	6,10	1,16	140,3	1151	830	318	114	586	57	1,60	0,032	29,1
	02.03.98	18:40	24,0	6,15	5,42	1,93	140,3	1139	830	313	114	580	58	1,59	0,031	29,0
	09.03.98	19:25	24,0	5,83	5,00	2,03	144,0	1145	830	311	114	560	58	1,58	0,031	28,5
Pozo P1A	11.02.98	19:12	23,9	5,06	7,24	6,20	125,7	1023	780	286	101	566	46	1,54	0,029	28,5
	19.02.98	17:03	25,2	5,62	6,47	4,62	124,4	1023	790	288	100	564	47	1,53	0,030	27,8
	02.03.98	18:05	24,0	5,58	5,56	6,84	124,4	1024	790	288	101	556	46	1,52	0,030	28,3
	09.03.98	18:51	23,8	5,50	5,06	5,60	122,0	1020	790	276	101	544	47	1,50	0,031	27,9
Pozo P18A	11.02.98	19:47	23,0	5,51	6,95	0,27	133,0	1007	780	278	102	566	58	1,67	0,024	28,3
	19.02.98	16:26	23,0	5,80	5,98	0,24	128,1	1011	790	280	103	568	47	1,64	0,025	28,1
	02.03.98	17:30	23,8	6,03	4,72	0,25	131,8	1016	790	273	103	558	49	1,63	0,023	28,4
	09.03.98	18:20	23,0	5,76	4,35	0,29	131,8	1011	790	274	103	553	61	1,64	0,026	28,4
Pozo P16	11.02.98	20:17	23,5	5,49	7,07	1,04	130,5	1036	800	317	101	548	49	1,59	0,031	28,2
	19.02.98	15:57	23,7	5,80	6,15	1,13	134,2	1034	810	313	101	545	49	1,57	0,034	28,6
	02.03.98	17:10	23,5	6,05	5,33	1,34	133,6	1060	810	313	101	537	49	1,57	0,034	28,1
	09.03.98	17:57	23,5	5,76	4,48	1,13	140,3	1019	810	302	101	532	50	1,57	0,037	28,6
Pozo P20	12.02.98	20:10	24,3	5,25	6,24	0,82	130,5	923	710	285	97	475	42	1,29	0,028	26,2
	19.02.98	15:27	24,6	5,33	6,34	0,66	126,9	913	720	281	95	477	42	1,29	0,030	26,4
	02.03.98	16:41	24,5	5,54	5,52	0,77	126,9	915	720	283	96	471	42	1,29	0,026	26,1
	09.03.98	17:35	24,2	5,27	4,42	0,76	128,1	908	710	279	96	462	42	1,29	0,026	25,1

Cuadro 3.5-1. Calidad de Aguas Pozos y Río Lluta  
(continuación)

Lugar	Fecha	Hora	Temp. °C	Conduct. mS/cm	PH	Oxígeno Dis. mg/l	Bicarbonatos mg/l	Cloruros mg/l	Sulfatos mg/l	Calcio mg/l	Magnesio mg/l	Sodio mg/l	Potasio mg/l	Litio mg/l	Arsénico mg/l	Boro mg/l
Pozo P23	19.02.98	12:46	24,6	5,46	5,88	0,66	131,8	970	770	286	95	528	53	1,50	0,011	27,6
	02.03.98	15:47	24,0	5,76	5,23	0,68	122,0	989	770	286	97	518	54	1,51	0,012	27,2
	09.03.98	17:05	24,6	5,44	4,98	3,56	129,3	975	770	279	96	518	55	1,50	0,025	26,6
Pozo P26	19.02.98	11:33	23,7	5,43	5,64	1,25	124,4	1023	800	288	99	553	59	1,53	0,015	28,5
	02.03.98	15:03	23,5	5,72	5,17	1,77	122,0	1011	810	297	98	541	59	1,54	0,024	27,7
	09.03.98	16:25	24,1	5,55	4,71	5,40	124,4	1020	800	287	99	539	61	1,55	0,015	27,5
Pozo PA5	19.02.98	10:20	22,3	4,55	5,71	1,51	63,4	706	640	229	73	362	37	1,07	0,015	21,2
	02.03.98	14:14	22,5	4,97	4,66	1,67	82,2	765	650	242	77	381	40	1,15	0,010	22,6
	09.03.98	15:49	22,6	4,67	4,73	4,49	63,4	736	640	228	74	364	39	1,09	0,013	20,7
Piez. 1	12.02.98	14:45	22,3	4,19	6,44	0,00	101,3	622	520	222	63	315	29	0,99	< 0,001	19,0
	19.02.98	12:09	24,2	4,19	6,94	0,59	106,1	621	530	217	63	301	29	0,97	< 0,001	18,6
	02.03.98	16:41	24,5	4,35	5,84	0,14	101,3	621	530	217	63	301	29	0,97	< 0,001	18,9
Piez. 2	09.03.98	12:19	24,1	4,19	5,58	0,04	102,5	621	540	219	63	295	30	0,96	< 0,001	19,3
	11.02.98	16:45	22,4	3,94	5,34	0,26	90,3	549	570	161	50	356	40	1,10	0,001	19,0
	03.03.98	18:20	22,3	4,42	4,67	2,02	39,0	515	570	147	46	328	39	1,02	< 0,001	16,6
Río Lluta	10.03.98	13:35	22,7	3,81	4,96	1,10	36,6	483	550	132	42	310	38	1,00	0,013	16,6
	11.02.98	11:50	22,6	1,47	8,59	6,78	25,6	362	420	131	37	209	32	0,65	0,032	12,0
	19.02.98	10:57	19,4	3,40	7,08	8,07	18,3	383	420	127	37	212	33	0,69	0,024	12,4
Chapisca	02.03.98	13:46	26,2	3,55	4,16	7,18	0,5	431	180	132	40	235	38	0,80	0,002	14,5
	09.03.98	10:50	20,3	3,65	3,81	7,68	0,0	451	500	134	41	239	39	0,83	0,004	14,8
	11.02.98	14:45	30,5	3,38	7,55	6,52	53,7	447	470	158	44	250	35	0,76	0,070	14,5
pte. FFCC	20.02.98	12:24	24,5	3,63	7,32	7,38	46,4	460	470	154	44	252	35	0,79	0,050	15,0
	03.03.98	17:01	29,1	3,89	6,90	6,75	30,5	521	480	165	48	281	40	0,87	0,030	17,1
	10.03.98	12:40	26,0	3,83	6,62	8,15	30,5	537	490	168	49	288	41	0,92	0,026	18,4
Río Lluta	11.02.98	17:51	29,2	3,68	7,74	6,89	65,9	505	530	176	50	284	38	0,84	0,080	16,4
	pte. Chac.	20.02.98	13:50	3,71	8,09	7,05	61,0	513	530	169	48	278	37	0,85	0,060	16,2
	05.03.98	12:50	27,6	4,28	7,29	8,11	65,9	607	540	191	56	326	42	0,99	0,060	19,2
Río Lluta	10.03.98	16:20					52,5	613	550	191	55	322	45	1,01	0,060	20,1
	16.02.98	20:26	26,7	3,79	8,27	5,14	68,3	518	530	178	50	298	39	0,82	0,100	16,7
	20.02.98	19:03	28,1	4,29	8,30	6,63	95,2	645	590	215	61	362	45	1,05	0,130	21,0
Panam.	05.03.98	17:25	30,3	4,89	7,74	7,15	104,9	792	660	235	72	426	54	1,21	0,130	23,7
	10.03.98	19:00	29,1	5,33	7,24	7,29	145,2	972	640	274	87	525	63	1,41	0,150	28,1

Fuente: Dirección General de Aguas

de las aguas subterráneas en su desplazamiento hacia aguas abajo y la recarga de aguas de riego, con mayor contenido salino por estar sometidas a fenómenos importantes de evaporación.

Analizando en forma comparativa los valores muestreados en las aguas subterráneas y superficiales, se observa en primer lugar que las conductividades son similares para ambos tipos de agua, lo que sería indicativo de un origen común de las mismas. En el caso de otros parámetros, tal como el oxígeno disuelto y la temperatura, se observa la diferencia esperable entre las aguas superficiales y subterráneas.

En cuanto al resto de los parámetros medidos, es posible observar que las concentraciones en los sondajes son mayores para el caso de los bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, litio y boro, respecto de los valores medidos en el río Lluta. Dicha mayor concentración se explicaría parcialmente por el arrastre de sales de las aguas subterráneas, y adicionalmente por la recarga al acuífero desde la superficie de riego, sometida a fenómenos de evaporación y concentración de sales. Si la recarga al acuífero se produjera casi exclusivamente por recarga directa desde el río, las concentraciones esperables en los sondajes deberían ser sensiblemente menores a las medidas, y del orden de las observadas en el río Lluta.

#### 4. Análisis de la Información Recopilada

A continuación se presenta el análisis de la información recopilada durante la ejecución del estudio. En dicho análisis se examina separadamente y en conjunto la información de diferente tipo recopilada, tanto desde el punto de vista de los posibles efectos del bombeo sobre los recursos superficiales, como desde el punto de vista del comportamiento del sistema, para los efectos de su posterior modelación.

##### 4.1 Análisis de los niveles de Aguas Subterráneas

###### 4.1.1 Comportamiento de los niveles durante la Prueba

Los niveles de aguas subterráneas en los diferentes pozos fueron examinados en relación con tendencias que pudieran asociarse a un agotamiento del acuífero o a efectos de recarga directa desde el río Lluta. Al respecto, el análisis se refiere a la comparación de los niveles medidos con los resultados que sería esperable observar para una situación en que existiera una conexión directa entre el acuífero y el río, o para la situación en que existiera un importante efecto de aumento de la recarga desde el río a la napa subterránea, debido al aumento de gradientes inducido por el bombeo de los sondajes.

Para la primera situación, la respuesta esperable del sistema acuífero es que el efecto de crecidas en el río se manifestara en el acuífero a través de un ascenso de niveles durante un período similar al de las crecidas, con un cierto desfase, considerando el aumento de la carga hidráulica y el aumento de la superficie del cauce producido por las crecidas.

Para el caso en que el bombeo desde los pozos indujera un aumento de las recargas desde el río, el resultado esperable desde el punto de vista de los pozos, sería un ascenso de los niveles por el aporte del río, o un aumento de los caudales bombeados para niveles dinámicos similares.

Examinando desde aguas abajo hacia aguas arriba la información de niveles medidos durante el período, que se presenta en las Figuras 3.2.3.2-1 a 3.2.3.2-16, el pozo 388 ubicado en el extremo de aguas abajo del área de estudio presenta un comportamiento de niveles prácticamente estables durante todo el período de estudio. En efecto, aún cuando las mediciones puntuales de niveles en el pozo presentan bruscas oscilaciones, debido a que el pozo es puesto en operación y detenido con frecuencia, tanto los niveles estáticos como los niveles dinámicos observados se mantuvieron durante toda la prueba prácticamente sin variaciones. La única fluctuación que escapa a la regla anterior, la constituye una ligera disminución

de los niveles ocurrida entre el 27 de diciembre y el 3 de enero de 1998, cuya interpretación se presenta en el análisis del pozo JB.

La condición de mantención de los niveles en el pozo 388, tiene especial importancia tanto desde el punto de vista de los recursos sustentables del valle como en relación a las captaciones existentes hacia aguas abajo. Respecto de los recursos sustentables, el hecho de que luego de 115 días de bombeo continuo en los sondajes de ESSAT no se haya manifestado efecto alguno sobre el extremo de aguas abajo del área de estudio, es un indicador claro de que el caudal extraído, del orden de los 370 lt/seg, no produce una sobreexplotación de los recursos subterráneos del valle. Por su parte, la misma condición anterior implica que el flujo de aguas subterráneas que sale del valle se mantuvo aproximadamente constante, lo que asegura la mantención de los recursos para las captaciones existentes.

En el caso del pozo de estudio JB, por su parte, ubicado unos 1.000 m hacia aguas arriba del valle, y unos 4.000 m aguas abajo del primer pozo de bombeo, el P3, la situación es similar a la del caso anterior, es decir, los niveles se mantuvieron constantes durante todo el período, excepto un descenso de nivel de aproximadamente 1,5 m, que se prolongó entre el 24 de diciembre y el 3 de enero de 1998. Examinada la información disponible, se estima que dicho descenso, que en caso del pozo 388 fue menor (0,65 m) y se manifestó tres días después, correspondería al efecto del bombeo en los sondajes, iniciado el 15 de diciembre, es decir 9 días antes del descenso de los niveles. La posterior recuperación, una semana después, correspondería a la recarga proveniente de los estratos acuíferos ubicados al norte de dicho lugar. En efecto, al examinar la topografía de la zona de estudio, es posible observar que en dicho sector el valle se ensancha hacia el norte, confluyendo a la zona los rellenos de la Quebrada Gallinazos. Los estratos acuíferos del área, producto del aumento de gradientes hidráulicos, habrían producido la recuperación de niveles observada en el área. Otra alternativa considerada, en cuanto a que las recuperaciones de niveles podrían deberse a recargas desde el río, que a partir del 1 de enero aumentó su caudal, fue descartada ya que con posterioridad a la recuperación ocurrieron en el río Lluta crecidas de mucho mayor magnitud, sin que se observaran efectos en los sondajes indicados.

Para fines del análisis posterior, es importante tener en cuenta que de acuerdo a lo indicado anteriormente, la propagación del efecto del inicio del bombeo, en un tramo de unos 9 km., que es la distancia desde el sondaje más próximo puesto en operación, se habría producido en alrededor de 12 días, es decir a una velocidad de 0,009 m/seg.

Hacia aguas arriba, en el pozo P3, los niveles se mantuvieron sin variaciones significativas durante toda la prueba. La depresión dinámica del nivel freático en el pozo fue del orden de 75 m, produciéndose un ligero ascenso de 0.54

m, entre el 29 de noviembre de 1997 y el 8 de abril de 1998, justo antes de la detención del bombeo. Dicha variación se debería a pequeñas variaciones de los caudales bombeados durante la prueba, ya que a partir del 30 de noviembre, fecha en que comenzó a operar correctamente el medidor de caudal, los caudales medios quincenales fueron del orden de 17,6 lt/seg el primer mes, disminuyendo a 17,0 lt/seg en febrero para finalmente estabilizarse en alrededor de 17,2 lt/seg durante marzo y abril, hasta el término de la etapa de bombeo de la prueba.

Unos 1.600 m aguas arriba del pozo P3, se encuentra el pozo de bombeo P5 y el de observación JA, a unos 200 m de distancia entre sí. En el caso del pozo JA, los niveles medidos permiten observar el mismo descenso y recuperación de niveles entre fines de diciembre y comienzo de enero descrito anteriormente para el pozo de observación JB. Sin embargo, y a diferencia de dicho caso, luego de la recuperación de niveles se produjo una sostenida tendencia al descenso de los mismos a partir del 22 de enero y hasta el 14 de abril, que si bien es de relativa magnitud (1,5 m) obedece a un comportamiento diferente al descrito anteriormente. En este caso, el descenso de los niveles en el sondaje correspondería a la interferencia del pozo P5, ya que dicho pozo fue puesto en operación justamente el 22 de enero. Corrobora el supuesto anterior el hecho de que 5 días después de la detención del pozo P5, los niveles en el sondaje JA se recuperaron bruscamente en 0,65 m. El caudal del pozo P5 permaneció sin variaciones durante la prueba, e igual a 20 lt/seg.

En el caso del pozo P5, los niveles estáticos disminuyeron en alrededor de 0,5 m desde el inicio de la prueba hasta el inicio del bombeo en el pozo, el 22 de enero de 1998, casi 30 días después de los restantes sondajes. Posteriormente, se registraron depresiones que varían típicamente desde unos 80,5 m durante los primeros días de bombeo a unos 64,0 m durante febrero y alrededor de 81,8 m durante marzo y abril, hasta el término de la prueba. Dichos niveles se encuentran directamente asociados a los caudales de bombeo del pozo, que fueron menores durante febrero (alrededor de 21,2 lt/seg), y superiores al inicio del bombeo y a partir de marzo (unos 25 lt/seg en promedio).

Hacia aguas arriba, el sondaje P10 no presentó variaciones de nivel durante el período de la línea base, excepto depresiones causadas por la operación ocasional del pozo. Una vez en operación, los niveles se estabilizaron rápidamente, a partir del 4 de enero y hasta la detención del bombeo. Respecto a la recuperación de niveles, la información disponible, hasta el 11 de mayo, indica que los niveles se recuperaron a esa fecha en un 90% respecto al nivel estático inicial, lo que no aumentaría significativamente en el tiempo, ya que dichos niveles se presentan completamente estabilizados.

Los siguientes sondajes existentes hacia aguas arriba, corresponden a tres sondajes, P13, P1A y P18A, ubicados a corta distancia unos de otros, especialmente los dos primeros, que se encuentran a unos 200 m de distancia entre sí. Dichos pozos, ubicados en un sector en que se han perforado los sondajes de mayor rendimiento, presentaron un comportamiento diferente al de los restantes, y algo diferentes entre sí. En efecto, mientras los niveles estáticos al inicio de las mediciones se ubicaba a 2,22 m en el pozo P13, y a 3,08 m en el pozo P18A, en el pozo P1A se ubicaba a 24,4 m y en el pozo J1, ubicado unos 400 m aguas abajo del pozo P13, a 20,0 m. Las diferencias de niveles indicadas, muestran que en el sector existirían dos estratos acuíferos, con cotas piezométricas diferentes. Esta situación será analizada en detalle en el estudio hidrogeológico que forma parte de la etapa de modelación del sistema. Durante el período de la línea base, los niveles estáticos prácticamente no presentaron variaciones, observándose un descenso de unos 6 m en el pozo P13, debido al efecto del bombeo en los pozos P1A y P18A.

Respecto a los niveles dinámicos, tanto el pozo P1A como el pozo P18A presentaron durante gran parte de la prueba una tendencia al descenso de los niveles, que se manifestó hasta alrededor del 27 de marzo, luego de lo cual los niveles se estabilizaron. En el caso del pozo P1A, la depresión aumentó más de 14 m entre los niveles dinámicos medidos al inicio de la prueba y los finales, mientras que el caudal disminuyó desde 117 lt/seg a algo menos de 80 lt/seg. Por su parte, en el caso del pozo P18A la depresión inicial aumentó de 24,5 m a casi 32 m al término de la prueba, mientras los caudales disminuyeron de 87 a 75 lt/seg en el mismo período. Este prolongado período de descenso de niveles, que originó la extensión de la etapa de bombeo de la prueba, se debería a varias causas: por una parte, se habría producido por el efecto de interferencia entre los tres pozos, retardado por la demora en la puesta en operación del pozo P13; por otro lado, la lentitud en la estabilización estaría relacionada con que en ese sector los pozos de bombeo, por extraer caudales importantes, requirieron un mayor lapso para que se estabilizaran los niveles en los pozos, mediante la inducción de altos gradientes hidráulicos y finalmente, a que se habría producido un efecto de drenaje desde los estratos acuíferos semipermeables ubicados a menor profundidad, los que luego de agotarse habrían permitido la estabilización de los niveles.

Por otra parte, las mediciones de nivel durante la etapa de recuperación llevaron a que en todos los sondajes del sector los porcentajes de recuperaciones alcanzaran entre el 70 y el 83%, es decir niveles estabilizados ubicados entre 8 y 13 m más profundos que los niveles estáticos medidos al inicio de la prueba. Como se indicó, esto se debería a la presencia de napas colgadas que fueron drenadas durante el período de bombeo y que por lo tanto, no permitieron la recuperación total de los niveles.

En el caso del pozo P13, si bien presentó niveles estáticos finales por debajo de los iniciales, al igual que los pozos P1A y P18A, tuvo una recuperación del nivel dinámico de 6,6 m durante el periodo de bombeo, con caudales prácticamente constantes. La explicación a lo anterior tendría relación con el estado de funcionamiento del sondaje. En efecto, mientras que en la prueba de bombeo realizada al término de la construcción del sondaje P13 se obtuvo un caudal de 80 lt/seg, al poner en operación el pozo durante la prueba, el caudal extraído, para niveles dinámicos similares a los de la prueba inicial, disminuyó a 20 lt/seg. Esa situación, cuyo origen se encontraría en el efecto de bombeo de los otros pozos cercanos y principalmente en un probable aumento de la pérdida de carga en la entrada al sondaje, por colmatación de las cribas u otra causa, se habría revertido parcialmente durante el desarrollo de la prueba, disminuyendo dichas pérdidas de carga.

Hacia aguas arriba del sector anterior, los pozos P16, P20, P23, P26 y PA5 presentaron en general un comportamiento similar, caracterizado por niveles estáticos sin variaciones significativas durante el transcurso de la línea base, la rápida estabilización de los niveles dinámicos, en menos de 20 días, y la rápida recuperación del 100% de las depresiones en el caso de los sondajes detenidos al término de la prueba de bombeo. La única excepción la constituyó el pozo P26, que corresponde al de mayor caudal del grupo, cuya estabilización de niveles se obtuvo alrededor del 11 de marzo de 1998.

Finalmente, los piezómetros 2 y 1, ubicados a unos 6.000 m y 8.500 m aguas arriba del pozo P5A, respectivamente, prácticamente no tuvieron fluctuaciones de nivel durante todo el periodo. En el caso del piezómetro 1, terminado a fines de diciembre de 1997, luego de la estabilización inicial del nivel alterado por las labores de habilitación del mismo, los niveles estáticos sufrieron ligeras variaciones, con un periodo de un leve ascenso de niveles (0,2 m) a fines de enero, que podría relacionarse con la crecida principal del río ocurrida en dicha época. Posteriormente, los niveles se mantuvieron constantes, observándose una variación de 0,01 m entre el 17 de febrero y el 8 de mayo de 1998. Un descenso brusco observado durante algunos días de marzo no puede explicarse en función de los demás antecedentes disponibles, y correspondería más bien al efecto de la acción de terceros, como por ejemplo la extracción de agua desde el piezómetro.

El piezómetro 2, por su parte, habilitado a comienzos de febrero de 1998, no registró una tendencia en la variación de niveles medidos, pero presentó fluctuaciones durante el periodo del orden de 0,5 m. Dichas fluctuaciones estarían relacionadas con la extracción de aguas para riego desde el piezómetro, observada en algunas de las visitas al lugar, y en el efecto de las percolaciones de riego en el sitio, las que se manifestarían en forma más notoria en este lugar que en el piezómetro 1, ya que mientras el piezómetro 2 se encontraba ubicado dentro de un

potrero de alfalfa regado mediante inundación, el piezómetro 1 se ubicaba en un sitio sin riego. Adicionalmente, debe considerarse que en el piezómetro 2 el ranurado superior se ubica a partir de los 7 m de profundidad, lo que constituye la menor profundidad de ranurados de los sondajes monitoreados; esta característica facilitaría la respuesta en los niveles estáticos frente a crecidas del río o infiltraciones de riego, considerando la alta permeabilidad de los estratos superficiales en el sector.

Como resumen del comportamiento de los sondajes durante la prueba de bombeo, en el Cuadro 4.1.1-1 se muestran las depresiones máximas alcanzadas, y las recuperaciones medidas al término de la prueba, en todos los sondajes que fueron detenidos al término de ésta. Por su parte, en la Figura 4.1.1-1 se muestran las curvas isofreáticas para el 8 de noviembre de 1997, que corresponde a la fecha de inicio de la medición de la línea base y en la Figura 4.1.1-2 se presentan las mismas curvas para el 14 de mayo de 1998, correspondientes a las últimas mediciones realizadas al término de la etapa de recuperación de niveles. Finalmente, en la Figura 4.1.1-3 se presenta un perfil longitudinal en que se representa esquemáticamente la ubicación de los niveles freáticos para diferentes etapas de la prueba.

Cuadro 4.1.1-1. Depresiones Máximas y Niveles recuperados en Sondajes ESSAT

Pozo	Nivel Estático Inicial		Nivel Deprimido		Nivel Recuperado		Depresión (m)	Depresión Actual (m)	Porcentaje recuperación
	Fecha	Cota	Fecha	Cota	Fecha	Cota			
P3	9/11/97	130.58	8/4/98	55.84			74.74		
P5	8/11/97	161.89	3/04/98	76.04	29/04/98	160.32	83.85	1.57	99.1%
P10	10/11/97	186.93	1/04/98	146.50	29/04/98	182.76	40.43	4.17	89.7%
P1A	13/11/97	194.45	6/04/98	157.33	29/04/98	184.02	37.13	10.43	71.9%
P13	12/11/97	220.42	3/04/98	139.75	29/04/98	207.48	80.67	12.94	84.0%
P18A	8/11/97	230.48	3/04/98	198.75	22/04/98	222.34	31.73	6.14	74.3%
P16	29/11/97	240.66	8/4/98	201.63			39.03		
P20	8/11/97	278.05	8/4/98	248.94			29.11		
P23	24/11/98	303.78	8/4/98	261.23			42.55		
P26	8/11/97	322.80	3/04/98	271.52	29/04/98	319.26	51.28	3.52	93.1%
PA5	8/11/97	414.51	3/04/98	363.51	29/04/98	412.69	51.00	1.82	96.4%

#### 4.1.2 Efecto de recarga directa del río a los pozos

Del análisis individual del comportamiento de los niveles en los sondajes realizado en la sección precedente, puede observarse que en ninguno de ellos existe una tendencia de los niveles que pueda relacionarse con la ocurrencia de algún fenómeno de recarga directa desde el río hacia los acuíferos subterráneos.

En efecto, durante el transcurso de la prueba, los caudales en el río Lluta en Chapisca se mantuvieron prácticamente constantes desde el inicio de la prueba hasta el 1 de enero de 1998, fecha a partir de la cual los caudales se incrementaron considerablemente, con valores que alcanzaron algo menos de 5 m<sup>3</sup>/seg, y que en la máxima crecida fueron del orden de los 25 m<sup>3</sup>/seg. Posteriormente, a partir del 20 de febrero aproximadamente, el caudal se estabilizó nuevamente, manteniéndose desde allí en adelante sin variaciones significativas.

A pesar de lo anterior, durante el período de crecidas los limnigramas de los pozos no experimentaron variación alguna, lo que refleja que la recarga directa desde el río a los sondajes sería muy pequeña o inexistente, lo que es compatible con la ubicación a la que se encuentran los ranurados de los pozos, que como mínimo se ubican a 30 m de profundidad en algunos de ellos.

Adicionalmente, tampoco es posible observar efecto alguno de recarga directa durante todo el período posterior al indicado, y hasta el término de la prueba, por lo que tampoco es posible suponer que la recarga pudiera tener algún retardo de al menos 80 días en alcanzar los estratos acuíferos. Si se considera la velocidad de propagación de las perturbaciones a la napa freática estimada en la sección precedente, y tomando en cuenta que las distancias del río a los sondajes de ESSAT varían entre menos de 100 m y 1.000 m, es posible concluir con bastante certidumbre que dicho efecto de recarga es imperceptible o no se produce.

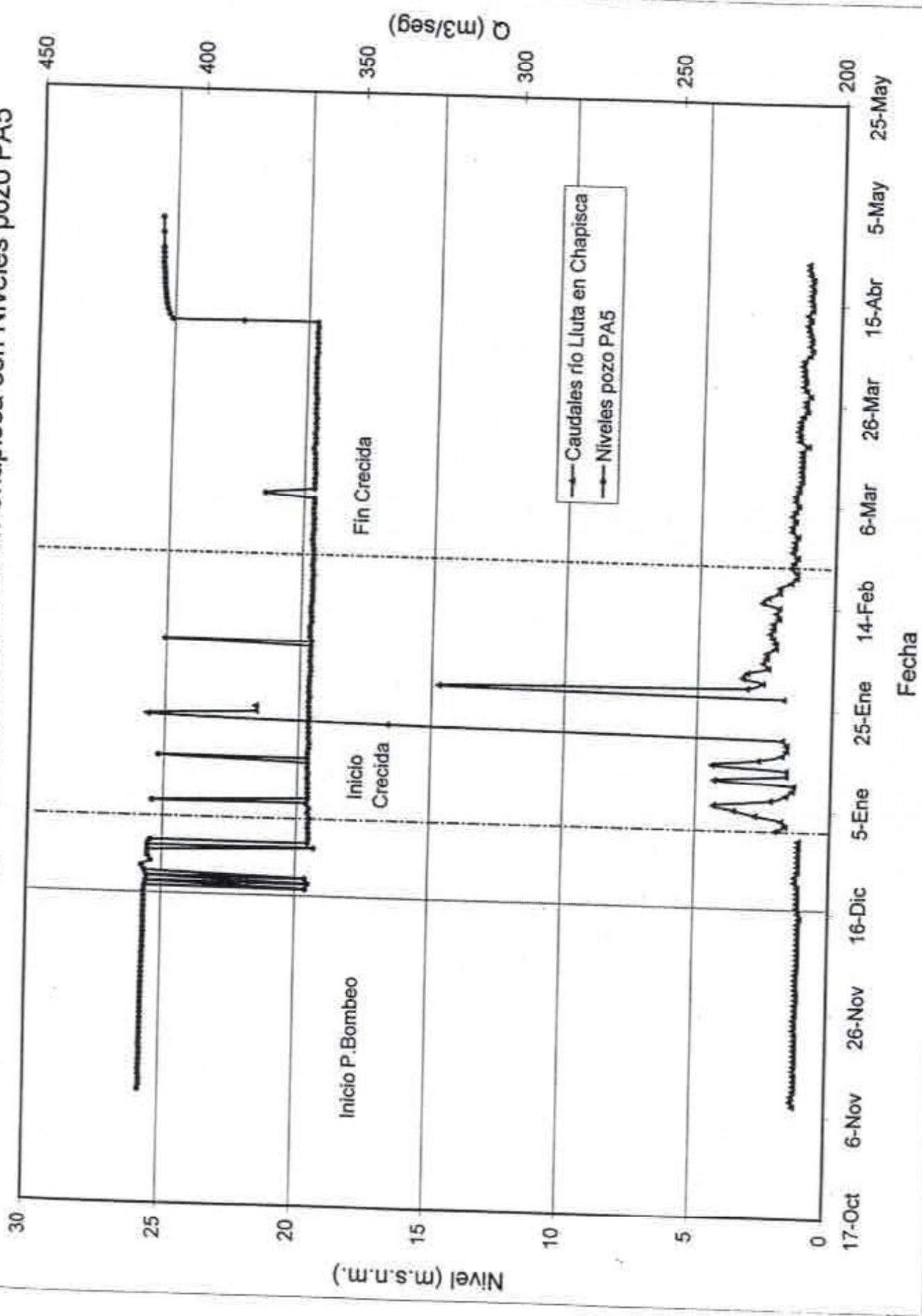
La situación descrita se presenta gráficamente en la Figura 4.1.2-1, en que para todo el período de duración de la prueba, se muestra en forma superpuesta el hidrograma registrado en la estación río Lluta en Chapisca, y los niveles medidos en el pozo PA5, ubicado a menos de 300 m del cauce del río Lluta, pudiendo verificarse que ni durante ni con posterioridad a las crecidas se produjo alguna variación en los niveles dinámicos observados que pudiera asociarse a dichas crecidas, así como tampoco se observaron variaciones en el caudal producido por el sondaje.

#### 4.1.3 Caudales sustentables del acuífero

Tal como se ha señalado en secciones anteriores, el bombeo continuo de los sondajes de ESSAT en el área de estudio, durante un período total de 115 días, permitió obtener un caudal total del sistema, para condiciones de niveles estabilizados, de alrededor de 370 lt/seg.

El análisis de los niveles estáticos en los sondajes ubicados aguas arriba y aguas abajo del sector en que se ubican los sondajes de ESSAT, no muestra variaciones que puedan asociarse a tendencias al ascenso o descenso de dichos

# Superposición Hidrograma Estación río Lluta en Chapisca con Niveles pozo PA5



niveles. Si dichos niveles mostraran una tendencia sistemática al descenso, implicaría una condición de sobreextracción de recursos desde el acuífero, en que la recarga sería inferior al caudal extraído, lo que en este caso no se observa en ninguno de los sondajes.

La conclusión de los antecedentes anteriores es que la extracción de 370 lt/seg corresponde a una condición sustentable en el tiempo en forma permanente, sin producir un agotamiento de los recursos subterráneos almacenados en los estratos acuíferos. Adicionalmente, se concluye igualmente que dicho caudal es el máximo factible de extraer desde los sondajes en su actual condición. Es posible que la realización de trabajos de mejoramiento de la condición de algunos sondajes, especialmente en el caso del pozo P13, permitieran aumentar dicho caudal total.

En todo caso, las conclusiones anteriores se refieren a un caudal factible de extraer determinado empíricamente, y no significa que el caudal de aguas subterráneas sustentable no pueda ser mayor. Una estimación del caudal máximo sustentable podrá obtenerse con mejor precisión a partir del modelo de simulación hidrogeológico, actualmente en ejecución.

#### 4.1.4 Caudales propios de la napa

Adicionalmente, con la información de niveles freáticos obtenida en el sector alto del valle, se calculó el caudal propio de la napa en la entrada a la zona de estudio, en el sector de Poconchile. Como antecedentes para dicha estimación, se consideró los siguientes valores:

El gradiente calculado a partir de los niveles y la ubicación de los piezómetros 1 y 2 es de 4%.

La permeabilidad y el espesor del relleno, estimados en base a la información de los pozos de bombeo existentes, son de  $3 \times 10^{-5}$  m/seg y 120 m respectivamente. Finalmente, el ancho medio del valle en el sector se estimó en 1.150 m.

Con dichos antecedentes se obtiene, mediante la ecuación de Darcy, un caudal subterráneo de entrada  $Q_E$  de:

$$Q_E = K \times H \times i \times B = 166 \text{ lt/seg.}$$

Comparativamente, dicho flujo es similar a los obtenidos en estudios anteriores: 130 lt/seg<sup>1</sup> y entre 100 y 200 lt/seg estimados como caudal de salida del valle<sup>2</sup>, por lo que puede concluirse que el flujo propio de la napa en la sección de entrada al área de estudio es del orden de 150 a 200 lt/seg.

Considerando que las extracciones de aguas subterráneas obtenidas durante la Prueba de Bombeo son del orden de 2 veces el flujo estimado, y que dichas extracciones no produjeron un desequilibrio del acuífero, se concluye que además del flujo propio los acuíferos reciben una recarga adicional, que debe provenir de percolación. Como el análisis del comportamiento de los niveles de aguas subterráneas muestra que las recargas a la napa no provienen en forma importante del cauce del río Lluta, la conclusión preliminar de los antecedentes examinados es que dicha recarga debe provenir principalmente de percolaciones de riego, situación que se discute en la sección 4.3. En todo caso, dicha hipótesis será verificada mediante la aplicación de un modelo de simulación hidrológico al área de estudio.

Las estimaciones de demandas realizadas en el estudio de la JICA, basadas en las demandas evapotranspirativas, eficiencias de riego y superficie destinada a cada tipo de cultivo, presentadas en la sección 2.1.3, son de una demanda total anual de 64.598 ( $10^3 \text{ m}^3$ ) y una evapotranspiración potencial anual de 28.181,4 ( $10^3 \text{ m}^3$ ). De acuerdo a lo anterior, las percolaciones y derrames anuales serían del orden de 64.598 ( $10^3 \text{ m}^3$ ), que equivale a un caudal medio de 1,15 ( $\text{m}^3/\text{seg}$ ), lo que conduciría a percolaciones de riego muy superiores a las estimadas en 2.1.3. En todo caso, se estima que dichos valores se encuentran algo sobreestimados, ya que no consideran la situación de turnos del periodo de escasez de aguas superficiales, durante el cual aumenta el reuso de los derrames de riego.

## 4.2 Análisis de la información fluviométrica

### 4.2.1 Características Hidrológicas del período de estudio

Tal como se describió anteriormente, históricamente el río Lluta ha tenido un comportamiento caracterizado por caudales medios mensuales relativamente constantes entre Abril y Agosto, del orden de 1.750 lt/seg, los que luego disminuyen paulatinamente hasta llegar a un caudal mínimo mensual promedio de unos 1.300 lt/seg durante el mes de noviembre. En los meses siguientes, y, producto del fenómeno climático anual conocido como invierno boliviano, los caudales medios mensuales aumentan en forma importante, llegando a unos 1.500 lt/seg en

<sup>1</sup> Estudio Hidrogeológico Valle del río Lluta. Arica, I Región. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda., ESSAT S.A.

<sup>2</sup> Estudio Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuenca del río San José. Diciembre 1997. Dirección General de Aguas, Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

diciembre, 2.900 lt/seg en enero, un máximo de 4.750 lt/seg en febrero y 4.200 lt/seg en marzo.

Durante el año hidrológico 1997/1998, dicho patrón se modificó en forma importante, produciéndose una concentración de los caudales en el mes de enero, y caudales menores a los promedios históricos en los meses anteriores y posteriores.

En el Cuadro 4.2.1-1 se muestra la estadística disponible de caudales medios mensuales registrada para los meses de Noviembre a Abril en la estación fluviométrica Lluta en Tocontasi y Chapisca, durante el periodo 1946-1997.

CUADRO 4.2.1-1. Caudales Medios Mensuales  
Estación Lluta en Tocontasi y Chapisca (lt/seg)

Año	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1946	1230	1380				
1947	1090	2220	2110	1450	1220	1380
1948	1330	1820	1880	3920	5630	1940
1949	1330	1820	9160	8780	8350	3640
1950	1170	1430	1600	1710	2340	1730
1951	1250	1230	2210	2850	2700	1580
1952	1600	1790	6360	6590	3680	2420
1953	1790	2120	4050	11900	12800	
1954			2930	12100		
1955	1320	2010				
1956	1320	1110	2050	3920	1920	1570
1957	1200	2710	1190	2790		
1958	1350	1250	3270			
1959			1290			
1962	1450	1530	3700	3560		
1963	1640		2020	7470	4790	2030
1964	1390	1970		1750	1850	1290
1965	2490	2260	3340	4220	4110	2250
1966	1160	1060	2380	2450	1810	1510
1967	1060	1160	1150	3400	4150	
1968			2000		5500	1950
1969	1080	1390				
1970	1903	1020	2420	1820	2160	1230
1971	1120	1100	2510	5090	2090	1420
1972			9790	6880	7760	
1973	1110	1010				
1974	1120	988	4920	3000	4760	
1975		2520	2300			

CUADRO 4.2.1-1. Caudales Medios Mensuales  
Estación Lluta en Tocontasi y Chapisca (lt/seg)

Año	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1976	1030	1050	2550	7140	11800	
1977	1180	1330			4820	2360
1978	1320	1210	3660	2600	1340	1500
1979	1380	1180	2580	1110	3400	1460
1980	1040	1939				
1981		1000	1660	9410	8590	1560
1982	931	1650	1620	2090	1320	1440
1983	1030	1090	989	950	1210	1100
1984	1620	1240	2230			
1985	1480	2150	1470	5110		
1987	1210	1060				
1988	1310	1510	3350	13200	2610	1920
1989	975	1010	2230	3660		
1990	1220	1030	2887	4741	4222	1420
1991	858	833				
1992			863	835	1010	967
1993	1220			413		
1994				2860	1420	1370
1995		2350	1400	1110	1580	1140
1996	1170	1180				

Prom.	1294	1493	2837	4438	4031	1687
-------	------	------	------	------	------	------

Fuente: Estudio JICA y DGA.

La información disponible en dicho Cuadro, fue utilizada para la realización de un análisis de frecuencia para cada mes, con lo cual se determinó la probabilidad de excedencia asociada a los caudales medios mensuales registrados durante la prueba de larga duración. Estos caudales, junto a su correspondiente probabilidad de excedencia, se muestran en el Cuadro 4.2.1-2.

Analizando la información indicada, se observa que para todos los meses, a excepción de Enero, las probabilidades de excedencia presentan valores mayores al 60 %, y para la mitad de ellos, la probabilidad resulta ser superior al 70 %.

En el caso de Enero, la probabilidad de excedencia calculada es menor al 50 %. La causa de que el valor obtenido sea tan bajo sería que las mediciones registradas históricamente no abarcan completamente las crecidas principales, pues

éstas usualmente embancan la estación fluviométrica, dejándola fuera de servicio, tal como ocurrió durante el desarrollo de la prueba en la estación de Chapisca, que a partir del 14 de enero de 1998 dejó de registrar las alturas del río, el que adicionalmente escurrió parcialmente por una sección distinta a la de medición. En cambio, durante la prueba de larga duración realizada se registraron todos los caudales diariamente, incluyendo las crecidas principales, estimándose que los registros históricos se encuentran algo subvaluados, lo que no permitiría la comparación directa de ambos tipos de registros.

Cuadro 4.2.1-2. Caudales Medios Mensuales Lluta en Chapisca, durante la Prueba de Larga Duración

MES	Caudal Medio Mensual (lt/seg)	Prob. Excedencia (%)
Noviembre '97	1.168	63.5
Diciembre '97	1.142	66.7
Enero '98	5.560	9.6
Febrero '98	2.041	71.9
Marzo '98	1.397	81.6
Abril '98	1.192	86.2

De acuerdo a los antecedentes anteriores, en que los caudales medios mensuales registrados presentan una probabilidad de excedencia relativamente alta, puede concluirse que desde el punto de vista hidrológico la prueba se realizó en condiciones desfavorables en cuanto a evaluar la interacción río - acuífero, es decir con caudales medios mensuales menos que promedio, por lo que la conclusión presentada en cuanto a que los efectos del bombeo sobre los recursos del río Lluta no han sido detectados tendría aún mayor validez para condiciones hidrológicas promedio.

#### 4.2.2 Variaciones diarias de caudales

Dentro de la información que se examinó como parte del presente estudio, se incluyen los registros limnimétricos disponibles de las estaciones Lluta en Chapisca y Lluta en Panamericana de la Dirección General de Aguas, para gran parte del período analizado.

Lo anterior se efectuó con el objeto de determinar si los registros diarios de caudales presentaban oscilaciones que pudieran relacionarse con efectos de

derretimiento u otros, y que implicaran la necesidad de efectuar correcciones en las mediciones diarias de caudales efectuadas.

Para todo el período examinado, excepto las variaciones registradas durante el paso de las crecidas principales, no se observó ningún tipo de fluctuaciones horarias de dicha naturaleza.

#### 4.3 Análisis Conjunto de la información fluviométrica y de canales

##### 4.3.1 Períodos Considerados

La información fluviométrica obtenida durante la prueba de bombeo ha sido analizada en los diferentes tramos de río definidos por las secciones de medición. Dicho análisis ha sido realizado para diferentes períodos durante el transcurso de la prueba, cada uno de los cuales es representativo de una condición diferente de la misma, de modo de relacionar dichas condiciones con los diferentes comportamientos de los recursos del río. Por una parte, para la condición en que el río se encontraba en turno, se definió dos períodos, caracterizado por encontrarse detenidos o en operación los sondajes de ESSAT. De forma similar, para la condición de río libre se definió dos períodos adicionales, con el mismo criterio del caso anterior, considerándose por lo tanto cuatro situaciones en total. Los períodos considerados y sus características son los siguientes:

- Período 1: Río en turno y pozos detenidos. 8/11/1997 al 15/12/1997
- Período 2: Río en turno y pozos en operación. 16/12/97 al 31/12/97
- Período 3: Río libre y pozos en operación. 20/2/98 al 9/4/98
- Período 4: Río libre y pozos detenidos. 10/4/98 al 22/4/98

Al examinar los períodos anteriores, se observa que existe un lapso que no fue considerado, que comprende Enero de 1998 y parte de Febrero del mismo año. Ello obedece a que éste correspondió al de crecidas del río, caracterizado por una condición de exceso de recursos y de lapsos en que los canales permanecieron secos, debido al bloqueo de sus captaciones para impedir embanques. Además, durante dicho período de crecidas, las variaciones de caudales pueden ser de varios metros cúbicos por segundo en fracciones de una hora, por lo que la comparación de mediciones hechas a diferente hora en diferentes secciones no resulta comparable. Como factor adicional, los registros de caudales en dicho período no resultaron completos, especialmente en las secciones intermedias, debido al efecto de las mismas crecidas sobre las reglas limnimétricas instaladas.

Respecto de la información relevante, en el Cuadro 4.3.1-1, se presentan las diferencias diarias de caudales entre las diferentes secciones consecutivas de control fluviométrico, además de la diferencia entre las estaciones extremas, Lluta en Chapisca y Lluta en Panamericana, para el Período 1, así como los valores promedio del período. Similar información para los Períodos 2, 3 y 4, se presentan en los Cuadros 4.3.1-2 a 4.3.1-4.

Por su parte, en los Cuadros 4.3.1-5 a 4.3.1-8, se presentan los caudales totales captados por los canales de cada sector de riego, así como los promedios de los totales captados por período.

El análisis de la información fluviométrica, en conjunto con la información de caudales captados por los canales, resulta muy complejo de realizar en forma analítica, puesto que en dicho análisis influyen aspectos tales como la variación del caudal del río en la sección de aguas arriba, la variación de las demandas de los cultivos para cada sector de riego, la diferencia en la forma de riego producida por la condición de río en turno o río libre, que influye a su vez en las magnitudes de los derrames de riego y percolaciones, etc. Es por ello, que se contempla la realización de un modelo de simulación hidrogeológico que represente y maneje en forma conjunta estos aspectos, lo que permitirá realizar un análisis de mayor detalle de la situación descrita. No obstante lo anterior, a continuación se presentan algunos aspectos relevantes que pueden ser obtenidos a partir de la información señalada.

#### 4.3.2 Comparación de los Períodos 1 y 2.

Para los Períodos 1 y 2 (río en turno, sin y con bombeo, respectivamente), los promedios de los caudales consumidos por tramo, que se presentan en el Cuadro 4.3.2-1, muestran en primer lugar que el consumo total de aguas del río se mantuvo prácticamente constante para el caso con y sin bombeo. En efecto, mientras para el período 1 el caudal promedio consumido en la zona de estudio fue de 1.118 lt/seg, para el período 2 el mismo promedio fue de 1.133 lt/seg. Si se considera en forma conservadora que la demanda de riego es constante entre ambos períodos, lo anterior implica que entre la condición con y sin bombeo, para el período en que el río se encontraba en régimen de turno, no se habría producido un aumento perceptible de las recargas directas desde el río a la napa subterránea.

Examinando la información anterior por tramos, es posible observar que en el tramo de Puente Chacabuco a la Panamericana, que corresponde justamente al tramo en que se ubican los sondajes de bombeo de ESSAT, tampoco se produce una

Cuadro 4.3.1-1

Diferencia diaria de caudal entre secciones de control fluviométrico  
Periodo N°1 (8/11/1997 -15/12/1997)

Fecha	Qchap-Qffcc (m3/seg)	Qffcc-Qchac (m3/seg)	Qchac-Qpan (m3/seg)	Qchap-Qpan (m3/seg)
8/11/97	-0,019	0,018	1,168	1,167
9/11/97	0,010	0,178	0,994	1,182
10/11/97	-0,438	1,238	0,425	1,225
11/11/97	0,079	0,906	0,169	1,155
12/11/97	0,734	0,263	0,154	1,151
13/11/97	1,072	-0,055	0,138	1,155
14/11/97	-0,084	0,387	0,785	1,088
15/11/97	-0,081	0,430	0,727	1,076
16/11/97	-0,084	0,482	0,689	1,088
17/11/97	-0,216	0,469	0,885	1,138
18/11/97	-0,084	0,933	0,306	1,155
19/11/97	0,155	0,798	0,201	1,155
20/11/97	0,673	0,362	0,114	1,150
21/11/97	0,985	0,031	0,131	1,148
22/11/97	0,079	0,409	0,650	1,138
23/11/97	-0,037	0,387	0,691	1,040
24/11/97	-0,061	0,387	0,785	1,111
25/11/97	0,046	0,303	0,812	1,161
26/11/97	-0,041	0,830	0,366	1,155
27/11/97	0,467	0,509	0,179	1,155
28/11/97	0,808	0,189	0,158	1,155
29/11/97	1,076	-0,105	0,154	1,125
30/11/97	0,300	0,250	0,578	1,127
1/12/97	0,155	0,148	0,656	0,959
2/12/97	0,155	0,148	0,812	1,115
3/12/97	0,347	0,004	0,798	1,150
4/12/97	0,372	0,581	0,196	1,150
5/12/97	0,515	0,459	0,153	1,127
6/12/97	0,960	0,047	0,097	1,105
7/12/97	1,069	-0,046	0,082	1,105
8/12/97	0,376	0,484	0,123	0,982
9/12/97	0,376	0,151	0,487	1,014
10/12/97	0,280	0,325	0,498	1,103
11/12/97	0,327	0,026	0,751	1,105
12/12/97	0,327	0,505	0,273	1,105
13/12/97	0,571	0,420	0,114	1,105
14/12/97	0,978	0,012	0,114	1,105
15/12/97	0,995	-0,047	0,114	1,062
Promedio	0,346	0,337	0,435	1,118

**Cuadro 4.3.1-2**  
**Diferencia diaria de caudal entre secciones de control fluviométrico**  
**Periodo N°2 (16/12/1997 -31/12/1997)**

Fecha	Qchap-Qffcc (m3/seg)	Qffcc-Qchac (m3/seg)	Qchac-Qpan (m3/seg)	Qchap-Qpan (m3/seg)
16/12/97	0,277	0,250	0,578	1,105
17/12/97	0,208	0,298	0,607	1,113
18/12/97	0,322	0,166	0,662	1,150
19/12/97	0,420	0,068	0,662	1,150
20/12/97	0,322	0,527	0,306	1,155
21/12/97	0,467	0,568	0,114	1,150
22/12/97	0,514	0,615	0,114	1,244
23/12/97	1,164	-0,001	0,082	1,244
24/12/97	0,322	0,076	0,716	1,115
25/12/97	0,155	0,333	0,471	0,959
26/12/97	0,347	0,141	0,600	1,088
27/12/97	0,155	0,243	0,716	1,115
28/12/97	0,322			1,115
29/12/97	0,554			1,150
30/12/97	0,880			1,150
31/12/97				
<b>Promedio</b>	<b>0,429</b>	<b>0,274</b>	<b>0,469</b>	<b>1,133</b>

**Nota**

- Qchap : Caudal de Lluta en Chapisca
- Qffcc : Caudal de Lluta en Puente de FFCC
- Qchac : Caudal de Lluta en Puente Chacabuco
- Qpan : Caudal de Lluta en Panamericana

Cuadro 4.3.1-3

Diferencia diaria de caudal entre secciones de control fluviométrico  
Período N°3 (20/2/1998 -9/4/1998)

Fecha	Qchap-Qffcc (m3/seg)	Qffcc-Qchac (m3/seg)	Qchac-Qpan (m3/seg)	Qchap-Qpan (m3/seg)
22/02/98	0,050	0,693	-0,029	0,713
23/02/98	0,032	0,824	-0,195	0,662
24/02/98	-0,068	0,824	-0,052	0,705
25/02/98	0,233	0,372	0,167	0,772
26/02/98	0,282	0,475	-0,095	0,662
27/02/98	0,282	0,575	0,018	0,875
28/02/98	0,390	0,595	-0,121	0,865
01/03/98	0,299	0,558	0,001	0,858
02/03/98	0,299	0,443	0,345	1,087
03/03/98	0,365	0,145	0,364	0,875
04/03/98	0,383	0,475	0,048	0,905
05/03/98	0,532	0,110	0,209	0,851
06/03/98	0,348	0,495	0,043	0,887
07/03/98	0,449	0,308	0,230	0,987
08/03/98	0,532	0,412	0,130	1,074
09/03/98	0,348	0,637	-0,012	0,973
10/03/98	0,223	0,578	0,214	1,016
11/03/98	0,331	0,488	0,011	0,830
12/03/98	-0,002	0,312	0,520	0,830
13/03/98	0,171	-0,853	1,500	0,818
14/03/98	0,165	-1,185	2,056	1,036
15/03/98	0,165	-0,878	1,826	1,112
16/03/98	0,081	-1,101	2,168	1,148
17/03/98	0,248	-0,090	0,917	1,075
18/03/98	0,214	0,242	0,419	0,874
19/03/98	0,181	0,575	0,527	1,282
20/03/98	0,347	0,308	0,421	1,076
21/03/98	0,230	-0,298	1,173	1,105
22/03/98	0,222	0,114	0,760	1,096
23/03/98	0,181	0,662	0,293	1,136
24/03/98	0,250	0,745	0,004	0,999
25/03/98	0,270	0,723	0,011	1,003
26/03/98	0,402	0,539	0,076	1,016
27/03/98	0,152	0,637	0,263	1,052
28/03/98	0,422	0,444	-0,111	0,755
29/03/98	-0,264	0,987	0,138	0,861
30/03/98	-0,250	1,136	0,030	0,917
31/03/98	-0,049	0,558	0,441	0,950
01/04/98	0,208	0,679	0,152	1,038
02/04/98	0,083	0,737	0,096	0,917
03/04/98	0,049	0,703	0,107	0,859
04/04/98	0,125	0,593	0,359	1,077
05/04/98	-0,195	0,855	0,062	0,722
06/04/98	-0,376	0,970	-0,188	0,406
07/04/98	-0,195	1,038	0,000	0,843
08/04/98	-0,410	1,137	0,048	0,775
09/04/98	0,013	0,537	0,473	1,023
Promedio	0,165	0,422	0,337	0,923

Cuadro 4.3.1-4

Diferencia diaria de caudal entre secciones de control fluviométrico  
Periodo N°4 (10/4/1998 -22/4/1998)

Fecha	Qchap-Qffcc (m3/seg)	Qffcc-Qchac (m3/seg)	Qchac-Qpan (m3/seg)	Qchap-Qpan (m3/seg)
10/04/98	-0,230	0,828	0,254	0,852
11/04/98	-0,139	0,862	0,293	1,016
12/04/98	-0,112	0,887	0,180	0,955
13/04/98	0,235	0,554	0,419	1,208
14/04/98	0,505	0,195	0,394	1,094
15/04/98	0,339	0,412	0,351	1,101
16/04/98	0,387	0,494	0,269	1,150
17/04/98	0,096	0,785	0,269	1,150
18/04/98	0,172	0,748	0,181	1,101
19/04/98	0,055	0,915	0,181	1,150
20/04/98	0,172	0,622	0,307	1,101
21/04/98	0,062	0,402	0,736	1,199
22/04/98	-0,014	0,620	0,642	1,248
Promedio	0,118	0,640	0,344	1,102

**Nota**

Qchap : Caudal de Lluta en Chapisca

Qffcc : Caudal de Lluta en Puente de FFCC

Qchac : Caudal de Lluta en Puente Chacabuco

Qpan : Caudal de Lluta en Panamericana

Cuadro 4.3.1-5. Caudales totales captados por los canales de riego (m3/seg)  
 Periodo N°1 (8/11/1997-15/12/1997)

Fecha	SECTORES					
	1	2	3	4-A	4b	5
08-Nov-97					0,796	
09-Nov-97				1,075		
10-Nov-97				0,448		
11-Nov-97			0,660			
12-Nov-97		0,621				
13-Nov-97	0,883					
14-Nov-97	0,144					
15-Nov-97						
16-Nov-97						0,417
17-Nov-97					0,572	
18-Nov-97				1,148		
19-Nov-97				0,459		
20-Nov-97		0,718	0,629			
21-Nov-97	0,974	0,003	0,121	0,051		
22-Nov-97	0,166					
23-Nov-97	0,407					
24-Nov-97						0,371
25-Nov-97					0,758	
26-Nov-97				0,997		
27-Nov-97		0,620	0,925			
28-Nov-97	1,026	0,693	0,577			
29-Nov-97	1,075					
01-Dic-97						0,350
02-Dic-97	0,253	0,165	0,493	0,222	0,747	0,051
03-Dic-97	0,318	0,136	0,517	0,932	0,024	0,040
04-Dic-97	0,334	0,154	0,537	0,971	0,051	0,107
05-Dic-97	0,394	0,601	0,756	0,206	0,052	0,075
06-Dic-97	0,664	0,745	0,277	0,252	0,060	0,040
07-Dic-97	1,109	0,266	0,490	0,238	0,531	0,027
08-Dic-97	0,426	0,189	0,443	0,190	0,068	0,026
09-Dic-97	0,280	0,110	0,117	0,143	0,067	0,324
10-Dic-97					0,452	0,166
11-Dic-97				0,729		
12-Dic-97			0,764	0,253		
13-Dic-97		0,712	0,531			
14-Dic-97	0,993	0,683	0,523	0,520		
15-Dic-97	1,070					
Promedio	0,618	0,429	0,523	0,520	0,348	0,166

Cuadro 4.3.1-6. Caudales totales captados por los canales de riego (m3/seg)  
 Periodo N°2 (16/12/1997-31/12/1997)

Fecha	SECTORES					
	1	2	3	4-A	4b	5
16/Dic/97	0,217					
17/Dic/97						0,260
18/Dic/97					0,654	
19/Dic/97				0,893		
20/Dic/97			0,742	0,353		
21/Dic/97		0,652				
22/Dic/97		0,774				
23/Dic/97	1,390					
24/Dic/97						
25/Dic/97						0,249
26/Dic/97					0,537	
27/Dic/97				0,968		
28/Dic/97			0,872			
29/Dic/97		0,720				
30/Dic/97	1,171					
31/Dic/97						
Promedio	0,926	0,715	0,807	0,738	0,596	0,255

Cuadro 4.3.1-7. Caudales totales captados por los canales de riego (m3/seg)  
 Periodo N°3 (20/2/1998-9/4/1998)

Fecha	SECTORES					
	1	2	3	4-A	4b	5
22-Feb-98	0,392	0,276	0,234	0,658	0,131	0,255
23-Feb-98	0,374	0,377	0,455	0,744	0,108	0,317
24-Feb-98	0,324	0,269	0,458	0,638	0,160	0,394
25-Feb-98	0,312	0,269	0,505	0,702	0,105	0,239
26-Feb-98	0,419	0,254	0,471	0,703	0,089	0,343
27-Feb-98	0,212	0,230	0,445	0,618	0,114	0,349
28-Feb-98	0,248	0,241	0,455	0,689	0,114	0,271
01-Mar-98	0,429	0,353	0,531	0,706	0,471	0,301
02-Mar-98	0,390	0,342	0,493	0,653	0,498	0,344
03-Mar-98	0,352	0,301	0,475	0,531	0,510	0,382
04-Mar-98	0,383	0,300	0,505	0,682	0,470	0,333
05-Mar-98	0,544	0,418	0,456	0,578	0,389	0,258
06-Mar-98	0,580	0,442	0,538	0,523	0,390	0,369
07-Mar-98	0,281	0,480	0,516	0,500	0,365	0,376
08-Mar-98	0,304	0,444	0,560	0,520	0,249	0,372
09-Mar-98	0,354	0,502	0,542	0,587	0,249	0,369
10-Mar-98	0,401	0,485	0,408	0,662	0,226	0,336
11-Mar-98	0,235	0,565	0,500	0,586	0,269	0,376
12-Mar-98	0,313	0,492	0,508	0,545	0,249	0,376
13-Mar-98	0,291	0,329	0,377	0,508	0,277	0,307
14-Mar-98	0,472	0,517	0,302	0,413	0,254	0,303
15-Mar-98	0,371	0,370	0,319	0,417	0,275	0,307
16-Mar-98	0,336	0,461	0,326	0,368	0,268	0,125
17-Mar-98	0,366	0,380	0,304	0,374	0,175	0,075
18-Mar-98	0,362	0,352	0,319	0,358	0,219	0,063
19-Mar-98	0,304	0,260	0,507	0,409	0,211	0,040
20-Mar-98	0,121	0,468	0,418	0,466	0,226	0,195
21-Mar-98	0,440	0,541	0,473	0,519	0,098	0,351
22-Mar-98	0,436	0,542	0,474	0,539	0,120	0,349
23-Mar-98	0,441	0,559	0,519	0,392	0,022	0,300
24-Mar-98	0,471	0,623	0,534	0,394	0,054	0,300
25-Mar-98	0,409	0,183	0,445	0,394	0,013	0,002
26-Mar-98	0,402	0,337	0,458	0,407	0,024	0,027
27-Mar-98	0,515	0,439	0,433	0,427	0,068	0,279
28-Mar-98	0,377	0,707	0,588	0,583	0,112	0,136
29-Mar-98	0,503	0,381	0,618	0,516	0,236	0,172
30-Mar-98	0,507	0,323	0,714	0,528	0,191	0,155
31-Mar-98	0,377	0,372	0,600	0,523	0,236	0,243
01-Abr-98	0,403	0,444	0,682	0,504	0,049	0,228
02-Abr-98	0,512	0,352	0,507	0,549	0,285	0,285
03-Abr-98	0,481	0,428	0,458	0,550	0,263	0,266
04-Abr-98	0,388	0,448	0,459	0,517	0,189	0,233
05-Abr-98	0,453	0,371	0,542	0,504	0,198	0,091
06-Abr-98	0,573	0,407	0,444	0,486	0,120	0,111
07-Abr-98	0,347	0,562	0,551	0,503	0,045	0,114
08-Abr-98	0,364	0,487	0,537	0,627	0,121	0,109
09-Abr-98	0,361	0,555	0,419	0,586	0,154	0,164
Promedio	0,388	0,409	0,476	0,536	0,205	0,249

Cuadro 4.3,1-8. Caudales totales captados por los canales de riego (m3/seg)  
 Periodo N°4 (10/4/1998-22/4/1998)

Fecha	SECTORES					
	1	2	3	4-A	4b	5
10-Abr-98	0,350	0,273	0,564	0,592	0,159	0,270
11-Abr-98	0,393	0,296	0,562	0,606	0,201	0,265
12-Abr-98	0,429	0,391	0,562	0,540	0,179	0,257
13-Abr-98	0,741	0,624	0,609	0,489	0,199	0,222
14-Abr-98	0,526	0,717	0,644	0,550	0,090	0,239
15-Abr-98	0,658	0,612	0,600	0,484	0,034	0,213
16-Abr-98	0,675	0,660	0,605	0,427	0,025	0,222
17-Abr-98	0,456	0,765	0,601	0,490	0,021	0,075
18-Abr-98	0,485	0,751	0,549	0,541	0,012	0,097
19-Abr-98	0,438	0,680	0,545	0,616	0,044	0,109
20-Abr-98	0,496	0,681	0,542	0,601	0,005	0,227
21-Abr-98	0,526	0,709	0,828	0,660	0,013	0,177
22-Abr-98	0,539	0,707	0,593	0,631	0,112	0,118
Promedio	0,516	0,605	0,600	0,556	0,084	0,191

variación significativa entre los consumos del tramo para el caso con y sin bombeo, ya que la diferencia observada está dentro del rango de error de las mediciones.

Hacia aguas arriba, en los dos tramos restantes, se producen variaciones que un caso apuntan a una disminución del consumo con bombeo, y en el otro a un aumento del consumo en la misma situación. Sin embargo, al considerar los dos tramos en conjunto, las diferencias de consumo son prácticamente nulas.

Cuadro 4.3.2-1. Promedios de Caudales Consumidos por tramo (lt/scg)

	Tramo Chapisca- Pte. FFCC	Tramo Pte. FFCC - Pte. Chacabuco	Tramo Pte. Chacabuco - Panamericana	Tramo Chapisca - Panamericana
Período 2 (con bombeo)	429	274	469	1.133
Período 1 (sin bombeo)	346	337	435	1.118
Diferencia de Consumos	-83	64	-34	-15

En todo caso, debe considerarse que el análisis anterior constituye una visión simplificada del problema, ya que en el caso en que el río se encuentra en turno son especialmente relevantes las variaciones de caudal del río durante los transientes producidos por el cambio del sector en turno.

Respecto de la información de las extracciones desde canales, dicha información debe ser analizada en forma especial durante estos periodos, dada la condición de turno a que se encontraba sometido el río, de acuerdo a lo cual las extracciones varían en forma importante cada cierto número de horas, con ocasión del cambio del sector en turno. La situación descrita anteriormente, implica una modulación de los caudales del río durante el ciclo de riego, dentro del tramo de estudio. En las Figuras 4.3.2-1 a 4.3.2-3, se presenta gráficamente la información de diferencias de caudales entre las secciones de aforo de Chapisca - puente de ferrocarril, puente de ferrocarril - puente Chacabuco y puente Chacabuco - puente Chacalluta, pudiendo observarse claramente el efecto de los turnos sobre los recursos consumidos.

El análisis general de dicha información, en los tres tramos analizados, no muestra, dentro del rango de detección, una variación del patrón de consumos entre los periodos 1 y 2, lo que apuntaría en el mismo sentido de los antecedentes entregados previamente, en el sentido de que la extracción de aguas subterráneas no produciría una merma en los recursos superficiales disponibles para riego. A continuación se analiza en forma específica cada situación.

Figura 4.3.2-1. Diferencia de Caudales entre Chapisca y puente FFCC

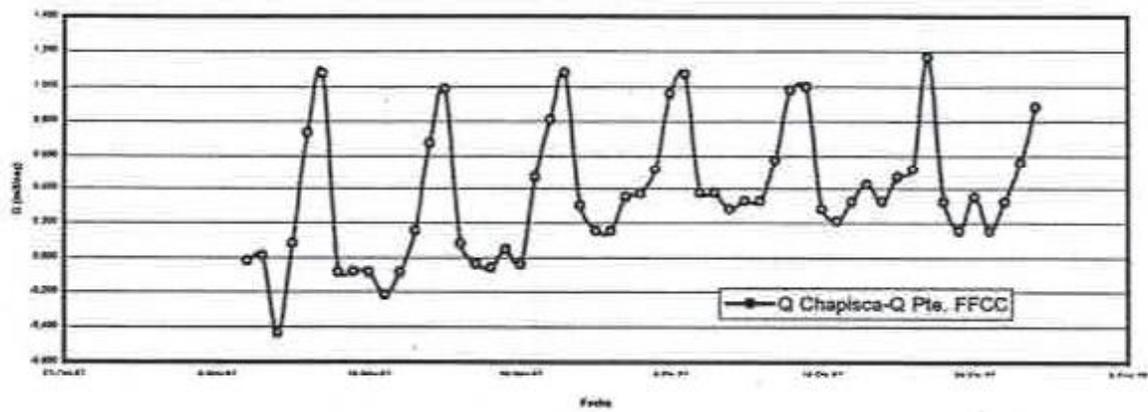


Figura 4.3.2-2. Diferencia de Caudales entre puente FFCC y puente Chacabuco

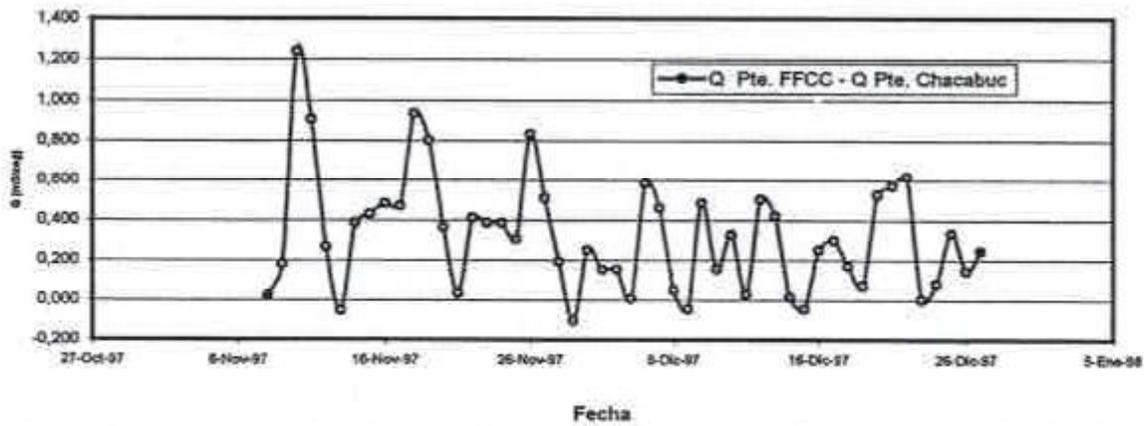
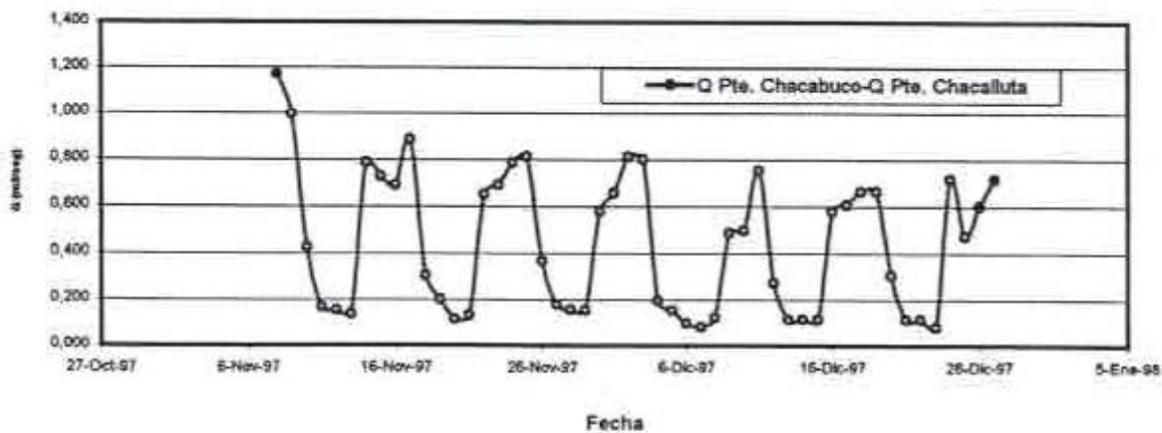


Figura 4.3.2-3. Diferencia de Caudales entre puente Chacabuco y puente Chacalluta



Para el Sector I, que corresponden al tramo de aguas arriba de la zona comprendida entre las secciones de control de Chapisca y puente Chacabuco, la información resumida se presenta en el Cuadro 4.3.2-2. En dicho Cuadro, se muestran valores promedio de las diferencias de caudales del río Lluta entre las secciones de Chapisca y puente de ferrocarril (caudales consumidos) y los caudales totales extraídos desde los canales del sector mientras el sector se encontraba en turno. De acuerdo a dicha información, para el caso en que el Sector I se encontraba en turno, las extracciones promedio de los canales son similares para ambos periodos, alcanzando los 1.005 lt/seg para el período 1 y 962 lt/seg para el período 2, lo que sería indicativo de que en el tramo no se produjo una disminución de los recursos superficiales durante el período 2, en que operaron los sondajes de ESSAT. La misma conclusión puede obtenerse al observar los caudales medios consumidos en el tramo (caudal en Chapisca menos caudal en puente de ferrocarril) para los mismos días, ya que son de 1.051 lt/seg para el período 1 y 1.013 lt/seg para el período 2, es decir prácticamente no se observan variaciones.

Cuadro 4.3.2-2. Consumos y Extracciones Promedio Para Sector I en Turno (lt/seg).

	Caudal Consumido en el río Lluta en el Tramo Chapisca- Pte. FFCC cuando estaba en turno el Sector I	Caudales Medios Extraídos en Total por los Canales del Sector I cuando se encontraban en Turno
Período 1 (sin bombeo)	1.051	1.005
Período 2 (con bombeo)	1.013	962

Para el Sector II, ubicado inmediatamente aguas abajo del Sector I, se observa al igual que en el caso del sector I, que los caudales medidos extraídos por los canales se mantienen prácticamente sin variación, siendo de 694 lt/seg para el período 1 y de 663 para el período 2. Respecto a los caudales consumidos en el tramo de río entre Chapisca y puente de ferrocarril, se observa una disminución de los mismos de 794 lt/seg para el período 1 a 512 lt/seg para el período 2, lo que podría relacionarse con una disminución de la demanda. Adicionalmente, la similitud entre los consumos del tramo y los caudales extraídos por los canales es indicativa de que en el tramo los recursos extraídos son aprovechados en gran medida durante el período de turno. La información resumida se presenta en el Cuadro 4.3.2-3.

Para el tramo entre puente de ferrocarril y puente Chacabuco, que coincide con el Sector III de riego, la información disponible no es completa, ya que en el período 2 se dispone solamente de un valor de consumos del tramo durante el turno. La información recopilada muestra para el período 2 una disminución leve de

los consumos del tramo, y un aumento de las extracciones desde canales en el mismo período, como se muestra en el Cuadro 4.3.2-4.

Cuadro 4.3.2-3. Consumos y Extracciones Promedio Para Sector II en Turno (lt/seg).

	Caudal Consumido en el río Lluta en el Tramo Chapisca- Pte. FFCC cuando estaba en turno el Sector II	Caudales Medios Extraídos en Total por los Canales del Sector II cuando se encontraban en Turno
Periodo 1 (sin bombeo)	794	694
Periodo 2 (con bombeo)	512	663

Cuadro 4.3.2-4. Consumos y Extracciones Promedio Para el Sector III en Turno (lt/seg).

	Caudal Consumido en el río Lluta en el Tramo Pte. FFCC - pte. Chacabuco cuando estaba en turno el Sector III	Caudales Medios Extraídos en Total por los Canales del Sector II cuando se encontraban en Turno
Periodo 1 (sin bombeo)	660	672
Periodo 2 (con bombeo)	527	807

Finalmente, para el tramo entre puente Chacabuco y Panamericana, en que se encuentran los sectores de riego IVA, IVB y V, se observó una disminución de los caudales extraídos desde los canales en el período 2, respecto del período 1 durante los días en que el río se encontraba en turno, lo que coincide con una disminución de los consumos del río durante los mismos días. En todo caso, el hecho de que las extracciones superan los consumos del río para casi todos los sectores en ambos períodos, es indicador de una situación en que los recursos no serían insuficientes. La información resumida para los sectores IVA, IVB y V se muestran en los Cuadro 4.3.2-5, 4.3.2-6 y 4.3.2-7, respectivamente.

Cuadro 4.3.2-5. (lt/seg). Consumos y Extracciones Promedio Para Sector IVA en Turno

	Caudal Consumido en el río Lluta en el Tramo Pte. Chacabuco - Panamericana cuando estaba en turno el Sector IVA	Caudales Medios Extraídos en Total por los Canales del Sector IVA cuando se encontraban en Turno
Periodo 1 (sin bombeo)	790	834
Periodo 2 (con bombeo)	561	738

Cuadro 4.3.2-6. (lt/seg). Consumos y Extracciones Promedio Para Sector IVA en Turno.

	Caudal Consumido en el río Lluta en el Tramo Pte. Chacabuco – Panamericana cuando estaba en turno el Sector IVB	Caudales Medios Extraídos en Total por los Canales del Sector IVB cuando se encontraban en Turno.
Período 1 (sin bombeo)	848	665
Período 2 (con bombeo)	631	596

Cuadro 4.3.2-7. (lt/seg). Consumos y Extracciones Promedio Para Sector IVA en Turno

	Caudal Consumido en el río Lluta en el Tramo Pte. Chacabuco – Panamericana cuando estaba en turno el Sector V	Caudales Medios Extraídos en Total por los Canales del Sector V cuando se encontraban en Turno.
Período 1 (sin bombeo)	634	344
Período 2 (con bombeo)	539	254

En conclusión, la información anterior muestra que los consumos por tramo de río entre los periodos 1 y 2 se mantuvieron sin variaciones entre los Periodos 1 y 2, con muy leves aumentos o descensos por tramos. Adicionalmente, la información detallada en que se analiza la situación por tramos para los días en que los canales de cada sector se encontraban en turno, muestra disminuciones de consumos en todos los sectores para el caso con bombeo, lo que resultaría incompatible con un aumento de las recargas del río a la napa.

La disminución de consumos, en cambio, estaría relacionada con variaciones en las demandas de riego durante ambos periodos, reflejadas en disminuciones de las extracciones desde los canales.

En su conjunto, los antecedentes anteriores muestran que las extracciones de agua subterránea durante el periodo 2 no habrían producido efectos perceptibles en la disponibilidad de recursos superficiales del río Lluta, para usos de riego.

#### 4.3.3 Comparación para los periodos 3 y 4

Para el caso de los Periodos 3 y 4 (río libre, con y sin bombeo), los promedios de las diferencias de caudales, que se presentan en el Cuadro 4.3.3-1, indican que los consumos totales en el tramo completo de río se incrementaron para la condición sin bombeo respecto de la condición con bombeo. Dicha situación, que

en todo caso induce a suponer que no habría un aumento de las recargas desde el río a la napa para la condición con bombeo, se debería a factores relacionados principalmente con los aumentos de consumos para riego en algunos tramos.

Cuadro 4.3.3-1. Promedios de Caudales Consumidos por tramo (lt/seg)

	Tramo Chapisca- Pte. FFCC	Tramo Pte. FFCC - Pte. Chacabuco	Tramo Pte. Chacabuco - Panamericana	Tramo Chapisca - Panamericana
Periodo3 (con bombeo)	165	422	337	923
Periodo 4 (sin bombeo)	114	636	363	1.113
Diferencia de Consumos	51	-214	-26	-189

En el sector de Chapisca a puente de ferrocarril, se observa una disminución del consumo para el caso sin bombeo respecto del caso con bombeo. Esta vez, contrariamente al caso anterior, la disminución del consumo se debería al término del período de cultivo de maíz en el sector alto del área de estudio, seguido por un período de descanso que comprende de abril a noviembre. En el Cuadro 2.1.3-4 se presenta el calendario de riego de la zona de estudio, de acuerdo a la información proporcionada por el estudio de JICA.

Al comparar los antecedentes anteriores con la información proveniente de las mediciones realizadas en los canales del área de estudio, se presentan diferentes situaciones. En el caso del tramo entre Chapisca y el puente de ferrocarril, que comprende los sectores de riego I y II, a pesar de la disminución de consumos determinada entre los períodos 3 y 4, se observó un incremento de las extracciones medias desde los canales que aumentaron de 388 lt/seg a 516 lt/seg. Dicho aumento, considerando los consumos totales del tramo, del orden del 50% de los valores anteriores o menores, refleja la ineficiencia del riego en el sector, incrementada por la ausencia de compuertas reguladoras en las obras de toma.

Hacia aguas abajo en cambio, en el tramo comprendido entre el puente de ferrocarril y el puente Chacabuco, se observa un excelente ajuste entre los consumos determinados y las extracciones desde canales. En efecto, mientras los consumos del tramo aumentaron desde 422 lt/seg a 636 lt/seg entre los períodos 3 y 4, las extracciones del Sector de riego III se incrementaron de 476 lt/seg a 600 lt/seg.

En el último tramo, entre el puente Chacabuco y la carretera Panamericana, las extracciones totales de los sectores IVA, IVB y V comprendidos en dicho sector presentan una disminución de 990 a 831 lt/seg entre los períodos 3 y 4. Dichas extracciones se encuentran concentradas mayoritariamente en el Sector

IVA, que aumentó ligeramente sus extracciones, en desmedro de los sectores de aguas abajo IVB y V, cuyas extracciones disminuyeron considerablemente. Como las extracciones totales indicadas casi triplican los consumos del tramo, en este sector se verificaría también una importante ineficiencia en el uso de los recursos, lo que explicaría los problemas de abastecimiento de recursos durante los meses de abril y mayo de 1998, manifestados por los usuarios ubicados aguas debajo de la bocatoma del canal Chacabuco.

#### 4.3.4 Comparación entre las situaciones con y sin turno

Finalmente, comparando en términos generales los consumos de los períodos 1 y 2 respecto de los períodos 3 y 4, puede observarse que aún cuando los consumos totales de todos los períodos son similares, la distribución de los consumos por tramo difiere considerablemente. En efecto, mientras que al igual que en la comparación de los períodos 1 y 2, para los períodos 3 y 4 los consumos en el sector del puente Chacabuco a la carretera Panamericana se mantuvieron sin variaciones significativas, el tramo entre puente de ferrocarril y puente Chacabuco experimentó un aumento del consumo de alrededor de un 50% para la condición sin bombeo respecto de la con bombeo, que sería causado por las actividades de preparación de la tierra y riego inicial de los sembradíos del primer maíz del año, luego del período de descanso de enero y febrero, lo que resulta relevante considerando que más del 60% de la superficie cultivada del tramo es destinada a dicho uso.

En su conjunto, los antecedentes anteriores, sin ser concluyentes, apuntan en la misma dirección que los análisis anteriores, esto es, que para las situaciones con y sin bombeo, tanto con el río operando bajo sistema de turnos como libre, el bombeo desde los sondajes de ESSAT no tendría un efecto perceptible sobre la disponibilidad de recursos superficiales para los usuarios del río Lluta, y por tanto las filtraciones hacia la napa subterránea desde el río no habrían sufrido variaciones significativas para dicha condición.

Por otra parte, la conclusión de que las recargas a la napa freática provendrían principalmente del flujo propio de la napa y de las recargas por percolaciones de riego, son compatibles con los valores estimados anteriormente, ya que un flujo propio de unos 200 lt/seg y una recarga por percolación de una magnitud similar son equivalentes al caudal total extraído por los sondajes de ESSAT.

En todo caso, los valores anteriores muestran que en todo caso, los recursos de aguas subterráneas que podrían ser explotados en forma sustentable no

serían muy superiores a las extracciones realizadas durante la prueba de bombeo, ya que las recargas totales son del orden de las recargas estimadas.

#### 4.4 Análisis de la información de los drenes

Tal como se indicó en 3.4, a petición de la Dirección General de Aguas se realizaron mediciones en dos drenes del área de estudio, cuyos caudales habrían disminuido o se habrían interrumpido debido a un efecto de la prueba de bombeo.

En el caso del dren ubicado al costado norte del pozo P13, las mediciones realizadas durante la prueba de bombeo, y posteriormente hasta el 15 de mayo, es decir más de un mes después del término de la prueba, mostraron que el dren permaneció seco durante todo el periodo. Lo anterior, unido al hecho de que durante los recorridos previos al inicio de la prueba ya se observaba la misma situación en los drenes, implica que no puede derivarse efecto alguno de la prueba de bombeo sobre dicho dren.

Por su parte, para el caso del dren ubicado unos 1.000 m al sur del pozo P3, puede descartarse a priori algún efecto de la prueba de bombeo sobre el mismo, considerando la distancia entre los pozos y el dren, y la condición adicional de que entre los sondajes y el dren se encuentra el cauce del río Lluta. Una inspección en terreno al sector en que se ubica el dren, permitió verificar que su alimentación provendría de derrames de riego de los sectores ubicados inmediatamente al oriente del mismo, los que habrían mermado durante la temporada 1997/1998 debido a la condición hidrológica de relativa escasez que presentó el río Lluta en el periodo. En el Cuadro 4.4-1 se presentan los valores aforados en el dren durante marzo y abril de 1998, observándose mínimas variaciones durante el periodo.

#### 4.5 Análisis del funcionamiento del Sistema de Turnos

Aún cuando la información de la forma de operación de los turnos, proporcionada por los regantes, es válida en cuanto a la duración de cada turno, la forma en que se aplican dichos turnos según los regantes difiere sustancialmente de lo que pudo observarse en la práctica.

En efecto, según los regantes la distribución de los recursos durante cada turno es que el sector en turno recibe el 85% de los recursos disponibles en el río en la sección de entrada al primer sector (coincide aproximadamente con la estación de Chapisca), mientras el 15% restante se distribuye entre los demás sectores para bebida de animales y otros, manteniéndose un 15% de extracciones durante el periodo de 18 horas de descanso del río, al final de cada turno. Respecto de lo

Cuadro 4.4-1. Caudales en Dren al Sur Pozo P3

Fecha	Hora	Alt. Limnimétrica (cm)	Caudal (l/seg)
23/03/98	10:00	8,70	5,2
24/03/98	10:20	8,90	5,2
25/03/98	12:20	8,80	5,2
26/03/98	11:15	9,00	5,2
27/03/98	11:30	8,50	5,1
28/03/98	10:15	8,90	5,2
29/03/98	10:40	14,50	6,5
30/03/98	12:15	8,90	5,2
31/03/98	10:45	8,70	5,2
1/04/98	10:00	8,60	5,1
2/04/98	10:05	8,50	5,1
3/04/98	11:00	8,50	5,1
4/04/98	10:00	8,60	5,1
5/04/98	17:20	8,50	5,1
6/04/98	10:00	8,40	5,1
7/04/98	9:45	8,60	5,1
8/04/98	9:55	8,50	5,1
9/04/98	18:30	8,40	5,1
10/04/98	10:15	8,40	5,1
11/04/98	17:45	8,50	5,1
12/04/98	10:05	8,50	5,1
13/04/98	17:25	8,60	5,1
14/04/98	18:30	8,40	5,1
15/04/98	10:20	8,40	5,1
16/04/98	11:10	8,50	5,1
17/04/98	18:20	8,30	5,1
18/04/98	16:45	8,30	5,1
19/04/98	17:55	8,30	5,1
20/04/98	10:15	8,30	5,1
21/04/98	18:40	8,20	5,0
22/04/98	17:50	8,00	5,0
23/04/98	17:00	8,10	5,0
24/04/98	10:00	8,20	5,0
25/04/98	17:00	8,10	5,0
26/04/98	17:10	8,30	5,1
27/04/98	17:20	8,20	5,0
28/04/98	10:00	8,30	5,1
29/04/98	10:10	8,20	5,0
30/04/98	10:15	8,20	5,0

anterior, existen discrepancias en cuanto a los caudales captados por cada sector en turno, a los caudales captados por los sectores cuando no se encuentran en turno, y a lo que ocurre durante el descanso.

En cuanto a los caudales extraídos por los canales durante los turnos, las mediciones realizadas indican que en vez de que cada sector capte el 85% de los caudales totales disponibles, los caudales captados difieren considerablemente entre los distintos sectores. Como es esperable en este tipo de sistemas, el sector I, ubicado aguas arriba de los demás, captó en promedio alrededor de 1.050 lt/seg, es decir al menos un 10 % más que los sectores de aguas abajo, ya que no está sujeto a extracciones hacia aguas arriba. En el extremo opuesto, el sector V captó en promedio alrededor de 330 lt/seg cuando se encontraba en turno, lo que representa un 25% de los recursos totales disponibles, siendo extraído el caudal restante en los sectores ubicados aguas arriba, que captan recursos importantes cuando están en turno y cuando no lo están. En el caso de los sectores intermedios, las extracciones durante el turno son similares para todos ellos, alcanzando 700 lt/seg en el Sector II, 740 lt/seg en el sector III, 960 lt/seg en el Sector IVA y 670 lt/seg en el Sector IVB, que en todo caso tampoco corresponden al 85% del caudal total disponible en la entrada al sector I.

Consecuentemente con lo anterior, los caudales captados por los sectores que no se encuentran en turno son muy superiores a lo que teóricamente deberían captar, y son decrecientes de aguas arriba hacia aguas abajo. De este modo, cuando el Sector I no está en turno capta casi 350 lt/seg, el sector II alrededor de 150 lt/seg, el sector III casi 400 lt/seg, el sector IVA alrededor de 180 lt/seg el sector IVB menos de 70 lt/seg y el sector V menos de 60 lt/seg.

Por último, las mediciones de caudales realizadas cuando el río se encontraba en descanso, muestran que también en esa condición las extracciones son considerables, y del orden de las medidas cuando el sector no se encuentra en turno.

Los antecedentes anteriores serán considerados para la etapa de modelación del sistema de riego.

#### 4.6 Análisis Crítico de Estudios Anteriores

Dentro de los antecedentes disponibles en la zona de estudio, los principales son el "Estudio Sobre el Desarrollo de los Recursos de Agua en el Norte de Chile", JICA, Dirección General de Aguas, 1995 y el "Estudio Hidrogeológico Valle del río Lluta, Arica, I Región", ESSAT S.A., Ayala, Cabrera y Asociados Ltda., 1996.

El estudio desarrollado por la JICA, es un estudio general sobre la disponibilidad de nuevos recursos de agua, que abarcó la Pampa del Tamarugal, el Salar del Huasco, la cuenca del río San José y la cuenca del río Lluta, formulándose un plan de desarrollo de los recursos de agua para el abastecimiento de las ciudades de Arica e Iquique.

En el caso de Arica, la conclusión del estudio es que "no se esperan desarrollos de recursos de agua adicionales en la cuenca del río San José" mientras que para la cuenca del río Lluta "el desarrollo potencial del agua subterránea es reducido a 450 lt/seg en consideración a restricciones del uso de irrigación y la limitación de la densidad de instalación de pozos".

Respecto a la interpretación de la hidrogeología del valle, los antecedentes disponibles serán analizados como parte del estudio hidrogeológico, por lo que el presente análisis se centrará en los aspectos relacionados con la relación entre las aguas superficiales y subterráneas en el valle.

La evaluación del potencial de desarrollo de aguas subterráneas en el valle del Lluta, se encuentra contenida en detalle en el Supporting Report B: Geology and Groundwater.

Dicho estudio, parte por afirmar que los estratos acuíferos del Lluta son recargados por el agua superficial del río. Para ello, y considerando que no se disponía de antecedentes al respecto, se utilizó por analogía información proveniente de la cuenca del río San José, según la cual el 75% de las aguas superficiales que escurren hacia aguas abajo de la bocatoma recarga la napa subterránea desde el lecho del río. Finalmente, considerando que los acuíferos del valle del Lluta tienen una porosidad igual al 70% de los existentes en Azapa, y que la longitud del río Lluta en que se producirían recargas está en relación 17/22 respecto de la del río San José, se concluyó que la recarga a la napa subterránea desde el lecho del río Lluta sería de 572 lt/seg.

La estimación anterior, a partir de la cual se realizó posteriormente una serie de conclusiones dentro del mismo estudio, presenta varios aspectos erróneos a la luz de los actuales antecedentes, estimándose que por su relevancia impiden que la estimación pueda seguir siendo considerada válida.

En primer lugar, la afirmación de que el 75% del caudal del río San José que escurre hacia aguas abajo de la bocatoma del canal Azapa percola hacia la napa, y principalmente desde el lecho del río, contiene una serie de imprecisiones. En el estudio "Modelo de Simulación de las Aguas Subterráneas del Valle de Azapa", realizado por este consultor para la Dirección General de Aguas en 1989, se examinó en detalle la situación de infiltración de aguas desde el cauce del río San

José hacia los acuíferos. Dicho análisis muestran, por una parte, que para el caso en que el caudal en el río San José antes de bocatoma es menor a la capacidad máxima de dicha bocatoma (aproximadamente 850 lt/seg), todos los recursos son captados por el canal y por tanto el flujo por el río es nulo; para caudales superiores, el caudal captado por el canal Azapa se mantendría constante e igual a la capacidad máxima indicada. Considerando los promedios de los caudales medios mensuales de los años hidrológicos 1965-1966 a 1983-1984, la información anterior indica que solamente durante los meses de Enero, Febrero y Marzo se producirían filtraciones a la napa desde el cauce del río San José, ya que en dichos meses los caudales medios mensuales promedio en San José antes de bocatoma Azapa son de 1.121 lt/seg, 1.626 lt/seg y 2120 lt/seg respectivamente.

Respecto a la magnitud de las filtraciones para dicha condición, el mismo estudio citado obtuvo una buena correlación entre los caudales de San José en puente Saucache (QSJPS) y los de San José antes de bocatoma Azapa (QSJAB) del tipo

$$QSJPS = -500 + 0,52 * QSJAB \text{ (lt/seg)}$$

Considerando los caudales medios mensuales indicados, y una extracción de 850 lt/seg en la bocatoma, se obtienen caudales medios mensuales de pérdidas desde el río de 188 lt/seg, 431 lt/seg y 668 lt/seg, respectivamente. Si se considera finalmente que los valores anteriores significan un promedio anual de 107 lt/seg, y que el caudal medio anual en el río de 976 lt/seg, se obtiene que las pérdidas desde el cauce del río San José serían de un 11%, suponiendo conservadoramente que todas las pérdidas percolan, en vez de un 76% estimado en el informe de la JICA. La conclusión de lo anterior es que para el caso del valle del río San José, las percolaciones al acuífero provienen muy principalmente de la recarga desde la superficie de riego, y no de recargas directas desde el lecho del río.

La afirmación anterior en cuanto a que las percolaciones desde las zonas de riego serían la principal fuente de recarga a la napa subterránea en la cuenca del río San José fue recogida también en el Estudio "Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuenca del río San José", desarrollado para la Dirección General de Aguas, en que se estimó que para el año 1989 la percolación desde los sectores de riego hacia el acuífero era de un 26%, porcentaje que disminuyó a un 18% en 1996, producto de la tecnificación de riego en el valle. Dicha disminución en las percolaciones de riego explicaría parcialmente los descensos observados en los niveles de agua subterránea en dicho valle.

---

<sup>3</sup> op. Cit. Anexo E.7.1

Si bien los antecedentes anteriores permitirían por sí solos establecer que las estimaciones del estudio de la JICA fueron hechos bajo supuestos cuya validez es cuestionable, existe un antecedente adicional respecto de la validez que tiene trasladar la situación del valle del San José al valle del río Lluta. En efecto, y tal como se ha señalado, en el caso del río San José el riego se produce a través de canales secundarios que provienen de un único canal principal, mientras en el caso del río Lluta el riego proviene de más de 50 canales que individualmente extraen recursos directamente desde el río, lo que debe necesariamente producir una menor eficiencia y mayores percolaciones desde las áreas de riego.

Finalmente, el estudio de JICA concluye que considerando el importante aumento de las percolaciones desde el río que produciría la extracción de aguas subterráneas, sería necesario considerar obras de compensación, tales como un canal para el riego de los sectores de riego III, IV y V. Considerando los antecedentes anteriores, en cuanto a que las recargas a la napa no provendrían principalmente del lecho del río, la validez de la conclusión anterior tampoco sería válida a la luz de los actuales antecedentes.

## 5. Conclusiones

A continuación se presentan las principales conclusiones obtenidas del estudio, las que se encuentran fundamentadas en la información contenida en los Capítulos anteriores.

- Los balances hídricos del río Lluta, para el caso del río en turno, muestran que el consumo total de aguas del río se mantuvo prácticamente constante para el caso con y sin bombeo. Si se supone en forma conservadora que la demanda para riego de diciembre es similar a la de noviembre, se concluye que para el período en que el río se encontraba en turno no se habría producido un aumento perceptible de las recargas del río a la napa subterránea.
- Para el caso del río libre, los consumos completos del sector de estudio se incrementaron para la condición sin bombeo, lo que no ocurriría en una situación de aumento de las recargas debidas al bombeo. La situación anterior se debería al aumento de los consumos para riego en algunos tramos durante el último período de la prueba.
- Los consumos de agua superficial en el río son del orden de las demandas durante el período en que el río opera en turno. Ello significa que las infiltraciones directas desde el río serían despreciables.
- Desde el punto de vista hidrológico, la prueba se realizó para una condición desfavorable, con caudales menores a los promedios históricos, correspondiendo en los meses críticos de noviembre y diciembre a una probabilidad de excedencia del 65%; por lo tanto, la conclusión de que la extracción de aguas subterráneas no afecta a los usuarios de aguas superficiales tendría mayor validez para una condición de mayores recursos superficiales disponibles, como la de un año normal, por ejemplo.
- El hecho de que ni durante el período de crecidas del río Lluta ni con posterioridad se haya producido ninguna variación en los niveles de aguas subterráneas medidos, implica también que la recarga directa desde el río a la napa sería muy pequeña o despreciable.
- La condición de niveles estables durante todo el desarrollo de la prueba, medidos en el extremo de aguas abajo del área de estudio, indica que los

recursos extraídos durante dicha prueba constituyen un caudal sustentable en el tiempo, que no produce ningún efecto de agotamiento o disminución de los recursos subterráneos, ni efectos sobre las captaciones ubicadas aguas debajo de la carretera Panamericana Norte.

- El flujo subterráneo de entrada a la zona de estudio sería de unos 150 a 200 lt/seg. Como las extracciones son superiores a dicho caudal, y las recargas directas desde el río se han estimado mínimas, la condición de equilibrio observada implica que debe existir una fuente de recarga adicional, que sería principalmente la percolación de riego. Una estimación aproximada, basada en los antecedentes recopilados, muestra que dicha recarga sería del orden de 200 lt/seg.
- Los antecedentes de funcionamiento de los drenes, señalan que aquellos que se encontraban secos durante la prueba se mantuvieron en igual condición hasta un mes después de su término, lo cual permite descartar algún efecto del bombeo sobre su condición actual, la que se habría mantenido en similar condición incluso desde antes del inicio de la prueba.
- Considerando en forma conjunta la información relativa a las extracciones para riego en canales, demandas de riego, consumos en el río, situación de los drenes y a la información de niveles y caudales de aguas subterráneas, se concluye que para un caudal de extracción de aguas subterráneas de 370 lt/seg, no se produce efecto alguno sobre la disponibilidad de aguas superficiales aprovechables en riego, ni sobre los mismos caudales del río.
- El caudal de 370 lt/seg extraído durante la prueba de bombeo constituye un caudal sustentable en el tiempo en forma permanente. Dicho caudal es el máximo caudal factible de extraer desde los sondajes en su actual condición, pudiendo suponerse que el mejoramiento de algunos sondajes, como el P13, permitiría aumentar dicho total.
- Por otra parte, el valor anterior no corresponde al máximo caudal factible de extraer. El modelo de simulación en ejecución permitirá definir el valor de dicho máximo sustentable, el que en todo caso debería ser superior a los 370 lt/seg extraídos durante la prueba de bombeo.

- La representación de mayor precisión de los fenómenos descritos, especialmente respecto a la forma de operación del sistema de riego superficial, se obtendrá a partir de la operación del modelo de simulación en ejecución.
- Adicionalmente, el modelo permitirá a ESSAT examinar el efecto de extracciones en otros puntos, y simular los efectos para condiciones hidrológicas diferentes a las observadas durante la prueba.